

পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম ভাগ

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

ত্রিচিত্তরঞ্জন দাশগুপ্ত, এম্. এন্স-সি.

সিটি কলেজের 'পদার্থ বিজ্ঞানের' অধ্যাপক, 'A Text-Book of Intermediate Physics', Pre-University Physics,

'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' (Practical Physics)

ও 'বিজ্ঞান-প্রবেশিকা' (General Science)

প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক, বিশ্ববিদ্যালয়ের

পৰীক্ষক, ইত্যাদি।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

৬, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

[Redacted] 1958
 [Redacted] দ্বিতীয় সংস্করণ—1958
 „ তৃতীয় „ —1959
 পরিমার্জিত চতুর্থ „ —1960

Published and Printed by Sri P. O. Bhōwal, for Book Syndicate
 Private Ltd., 6, Ramanath Mazumder Street, Calcutta-9
 *at Mudran Bharati Private Ltd., 2, Ramnath Biswas
 Lane, Calcutta-9

সূচীপত্র

সূচনা

পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ, পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ ;
পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও তাহার গঠনতত্ত্ব, পদার্থের কয়েকটি
সাধারণ ধর্ম ; শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপ ; শক্তির রূপান্তর 1—6

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : মাপের একক ও পদ্ধতি	9—48
প্রথম পরিচ্ছেদ (অতিবিক্ত) : বলবিজ্ঞান প্রাথমিক আলোচনা	49—59
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : উদ্বৃত্তি বিজ্ঞান	60—87
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি	88—113
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়	114—138
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : বায়ুমণ্ডলের চাপ ও চাপসংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প	139—184

তাপ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : তাপ ও ধার্মোমিতি	187—209
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : ক্যালরিমিতি	210—247
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : কঠিন পদার্থের প্রসারণ	248—274
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : তরল ও গ্যাসের প্রসারণ	275—320
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : অবস্থা পরিবর্তন	321—348
ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ : বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিতি	349—367
সপ্তম পরিচ্ছেদ : তাপ সঞ্চালন	368—398

আলোক বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : আলোকেব স্বভাবগতি ও ছায়ার উৎপত্তি	401—427
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : সমতলে আলোকের প্রতিফলন	428—457
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : সমতলে আলোকের প্রতিসরণ	458—498
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : লেন্স ও উহার কার্যপ্রণালী	499—539
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : আলোকের বিচ্ছুরণ	540—550
বোর্ডের ছায়ার সেকেন্ডারী পরীক্ষার প্রশ্নপত্র	1—xxviii
বর্ণানুক্রমিক সূচী	a—d

PHYSICS - SYLLABUS

CLASSES IX—X

(Figures in the bracket indicate references to articles of book)

(a) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1	2	3	4
1. Measurement of length (1'9) volume (1'16) mass (1'17) weight (1'19) and time (1'20). Measurement of angles (1'22). simple pendulum (experimental study only) (2nd part).	Both F. P. S. & C. G. S. systems are expected (1'3) Explanation of Decimal measure; its usefulness. (1'7).	The use of measuring cylinder (1'16). Measurement of length (1'9) and time (1'20) period of Pendulum (3'6) Use of Vernier (in class X). (1'9 & 1'11)	Use of beam balance (1'17) and spring balance (1'19). Use of Vernier (in class XI). (1'9 & 1'11).
2. Density (1'18) and specific gravity (4'1). Measurement of density of and specific gravity of solids, liquids (4'3-4'9).	Relative density to be explained (4'1) Density of a gas (4'10).	Density of bodies of regular (1'16) and irregular shape (3'7).	
3. Meaning of pressure (2'5) Pressure and thrust (2'8) Pressure in liquids (2'9) Characteristics of fluid pressure (2'10). Importance of vertical	Balancing columns in U-tube (2'13) Effect of size of the tube (2'13). Pressure at horse taps etc. (2'12)		Pressure depends on head of liquid (2'9) Pressure independent of area (2'9) . Pressure in liquids acts equally in all directions

(b)	Contents	Remarks	Practical	Demonstration
			3	4
	Archimedes' principle and buoyancy (3'5 & 3'1) Pascal's law (3'14) Floating bodies (3'8)	height (2'12) Hydraulic press (2'12) Hydraulic garage-lift (2'16) Floation of ships and balloons (3'10 & 3'11) Hydrometers (4'6 & 4'7)		(2'10) Transmission of fluid pressure (2'14). Submerged bodies, floating bodies, Sinking bodies (3'8).
4.	Atmospheric pressure (5'1-5'2) The Barometer (5'3) Pressure in gases (5'7).	Effect of moisture on atmospheric pressure (5'6) Weather maps (5'6) Pumps (5'11-5'13) Siphon (5'14).	Reading the Barometer. (Class XI). (5'3)	Burette full of water is verted in a beaker of water; air admitted later (5'2) Barometer tubes of different lengths inverted over a mercury trough (5'2) Balloon containing a little air under bell-jar connected to an exhaust pump (5'2) Magdeleine hemisphere. (5'2).
5.	Temperature (1'4) and its measurements (1'6) Thermometers (1'7), (1'8) Expansion of solids, liquids and gases (Chap. 3 & 4).	Effect of heat (such as, bodies get hotter; melting; evaporation; chemical action; burning; destruction of life; light) to be mentioned. (1'3) Fahrenheit and Centigrade.	Determination of fixed points of a thermometer (1'7)	Ball-and-ring experiment (3'1) Bi-metallic strip (3'2) Demonstrations expansion of liquids (4'1) and gases (4'12). Great force exerted during expansion and contraction (3'8).

(c)	Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1		2	3	4
		scales (17) and their correction (17). Maximum and minimum thermometers (18). The clinical thermometer (18). Anomalous expansion of water (47).		
6.	Measurement of quantity of heat 21)—heat units (22). Specific heat (24). Thermal capacity (29) and water equivalent (211).	Heat lost—Heat gained (210). Calculation of specific heat from data by method of mixtures (25)	Determination of Specific heat (solid) by method of mixtures (211).	
7	Melting (52). Evaporation (511). Boiling (515) Moisture in air (61) Dew-points (62). Relative humidity (63).	Effect of pressure on melting point and boiling point (56 & 516) Cooling effect of evaporation (511) Dew (65) mist, cloud and rain (610) Wet-and-dry bulb hygrometer (69) and simple form of Regnault's hygrometer (68).	Determination of melting point of crystalline solid (graphical method) (55).	Weighted wire cuts through ice (57). Freezing point of salt water (58) Boiling under reduced pressure (516). Determination of relative humidity. (69).

(d) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1	2	3	4
8. Conduction, convection and radiation. (Chap. 7)	Ventilation (7.7). Land and sea breezes (7.7) • Effect of cotton and woolen clothings to be explained (7.5). Davy's lamps (7.4) and cooling system of an automobile engine to be discussed (7.7). Thermoflask (7.12).		Heat conductivity in metals—Ingenhauz's experiment (7.3). Davy's Safety lamp (7.4) Copper spiral extinguishes candle flame (7.5).
9. Light—Straight line propagation (1.3). Pinhole camera (1.4). Shadows from point and extended sources (1.5). Eclipses of sun and moon (1.7).	Circular or Elliptical patches of light in the shadow of leaves of trees to be explained (1.4) Value of speed of light to be mentioned, but no experiment need be described (1.6).		Shadow effect produced by light from point and extended sources (1.5) Pinhole Camera (1.4) (Umbra & Penumbra).
10. Reflection at plane surfaces (2.1). Laws of reflection (2.3) Lateral inversion. (2.16)	The importance of smooth surfaces; regular reflection as opposed to scattering (2.13). Inclined mirrors (2.13). Effect of rotating the mirror (2.14) Effect of motion of the object (2.13) Size of mirror	Verify—(i) Angle of incidence is equal to angle of reflection (2.5)(ii) Image distance is equal to object distance (Pin method) (2.11).	Action of Periscope using vertical board and beam apparatus (2.13) Candle burning is watched (2.13). Kaleidoscope (2.13).

(e)	Contents 1	Remarks 2	Practical 3	Demonstration 4
		for viewing full image of a person (2.15). Periscope (2.13)		
		11. Refraction (3.1). Snell's law (3.3). Total reflection (3.9). Dispersion (5.1). Composite nature of white light (5.2)	Verification of Snell's law (Pin method) (3.4)	Various experiments to demonstrate total internal reflection (3.11). Production of spectrum by Prism (5.1). Recombination of colours by inverted prism (5.2). (Hartle's Disc).
		12. Lens—graphical treatment only. (Chap. 4)	Idea of focal length; (4.5) real image—magnified, reduced; virtual image (4.7).	f by $U-V$ method. (converging lenses only) (4.13)

সূচনা

পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ :

এই পৃথিবী বস্তুময়। আমাদের চতুর্দিকে চোখ ফিরাইলেই বহুরকম বস্তুর সম্মান মিলে। টেবিল, চেয়ার, কাগজ, কলম ইত্যাদি যে-সমস্ত দ্রব্য আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা বুঝিতে পারি এবং যাহার গুজন আছে তাহাই বস্তু। এই সমস্ত বস্তুর সৃষ্টি কি করিয়া হইল, ইহাদের গঠনপ্রণালী, আচরণ বা উপযোগিতা কিরূপ এই সম্বন্ধে কোতূহল উদ্বেক হওয়া খুবই স্বাভাবিক। তাই, পৃথিবীর আদিম যুগ হইতে মানুষের অহুসমানী মন এই সম্বন্ধে প্রশ্ন করিয়াছে এবং ইহার জবাব খুঁজিয়াছে। বস্তু যে উপাদানে তৈরী তাহাকে আমরা বলি পদার্থ (Matter)।

বস্তু বা পদার্থ ছাড়া আর একটি জিনিসের প্রতি মানুষের দৃষ্টি পড়িয়াছিল। তাহা হইল শক্তি (Energy)। এই শক্তি আছে আলো জগৎ চলিতেছে। শক্তির অভাবে জগৎ স্থাগুৎ। শক্তি এবং ইহাৰ বিভিন্ন রূপের সহিত আমাদের পরিচয় বস্তুর মাধ্যমে। যেমন, তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপকে আলাদা করিয়া কোন আকার বা রং দিয়া আমাদের ধরা-ছোঁয়ার ভিতর আনা সম্ভব নয়। কিন্তু কোন বস্তুর তাপমাত্রার (temperature) পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া অথবা উহার প্রসারণ (expansion) লক্ষ্য করিয়া আমরা বস্তুতে তাপশক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। এইরূপ, বিদ্যুৎ আর এক প্রকারের শক্তি। বিদ্যুৎকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুতে উহার প্রবাহ ঘটাইয়া তাহার ফলাফল লক্ষ্য করিতে হইবে। যেমন, বৈদ্যুতিক পাখায় যখন প্রবাহ চলে তখন পাখা ঘোরে এবং তখনই আমরা বৈদ্যুতিক শক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। কাজেই শক্তির পরিচয় পাঠিতে হইলে বস্তুর সাহায্য প্রয়োজন।

পদার্থ এবং শক্তির লীলাক্ষেত্র এই যে বিরাট এবং বিচিত্র জগৎ—এই জগতের রহস্য উন্মোচন এবং বহুবিধ প্রাকৃতিক ঘটনা সম্বন্ধে প্রকৃত জ্ঞানলাভ—ইহাই হইল পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ।

পদার্থ বিজ্ঞান

পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ :

বহুপূর্বে সমস্ত প্রাকৃতিক বিজ্ঞান, যথা—রসায়ন, প্রাণিবিজ্ঞা, উদ্ভিদবিজ্ঞা, জ্যোতির্বিজ্ঞা প্রভৃতি সমস্তই পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত ছিল। কিন্তু বিজ্ঞানীর কর্মপ্রচেষ্টায় যখন প্রত্যেকটি শাখা সম্বন্ধে মাতৃস্বের জ্ঞানের পবিধি বাড়িতে লাগিল তখন পদার্থ বিজ্ঞান হইতে ঐগুলিকে পৃথক কবিবার প্রয়োজন অনুভূত হইল। এখন, পদার্থ এবং শক্তি সম্বন্ধে চর্চা কবাই পদার্থ বিজ্ঞানের কাজ। অধ্যয়নের সুবিধাব জন্ত পদার্থ বিজ্ঞানকে নিম্নলিখিত ছয়ভাগে ভাগ করা হয়।

(1) সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান (General Physics), (2) শব্দ-বিজ্ঞান (Sound), (3) তাপ-বিজ্ঞান (Heat), (4) আলোক-বিজ্ঞান (Light), (5) চুম্বক-বিজ্ঞান (Magnetism) এবং (6) তড়িৎ-বিজ্ঞান (Electricity)।

পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও উহার গঠনতত্ত্ব :

পদার্থ তিন বকম অবস্থায় থাকিতে পারে। যথা, (1) কঠিন, (2) তরল বা (3) বায়বীয়। একবণ্ড ববফের টুকবাকে বলা যাঃতে পারে জলের কঠিন অবস্থা। আবাব উহাকে তাপ প্রয়োগে জলে পবিণত কবিলে বলা যাইবে জলের তবল অবস্থা। ঐ জলকে আবণ্ড বেশী উত্তপ্ত কবিলে যখন বাষ্প উঠিতে থাকিবে তখন ঐ বাষ্পকে জলের বায়বীয় অবস্থা বলা যাইবে। কাছেই দেগা যাইতেছে যে একই পদার্থ কঠিন, তবল বা বায়বীয়, এই তিন বকমেব অবস্থা গ্রহণ কবিতে পারে।

যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন, পদার্থের মূল সূত্র তিনটি। অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বাবা পদার্থ গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলিকে বলা হয় অণু (molecule)। অণুগুলিব বৈশিষ্ট্য এই যে, উহাবা যে-পদার্থেব অংশ তাহাব ধর্ম (properties) অক্ষুন্ন বাখে এবং স্বতন্ত্রভাবে (free state-এ) থাকিতে পারে। এই অণুগুলি আবাব আবণ্ড ক্ষুদ্রতব কণিকাদ্বাবা গঠিত। ইহাদেব নাম পরমাণু (atoms)। পরমাণু স্বতন্ত্রভাবে থাকিতে পারে না, কিন্তু রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ কবে। ঐকই বকম পরমাণু দ্বাবা গঠিত যে-পদার্থ তাহাকে বলা হয় মৌল (element) এবং দুই বা দুই-এব অধিক মৌলেব সংমিশ্রণে যে-পদার্থেব সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় যৌগ

(compound)। উদাহরণ স্বরূপ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের কথা স্মরণ করাইতে পারে। বাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দেখা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন অণুতে একই বকমেব পবমাণু বর্তমান কিন্তু জলের প্রত্যেক অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পবমাণু দ্বাবা গঠিত। কাজেই হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনকে বলা হয় মৌল এবং জলকে বলা হয় যৌগ। বাসায়নিকেরা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন যে এই বিশ্বে প্রায় 100 বকমেব মৌল আছে। ইহাদের ভিতব হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্কা ও ইউবেনিয়াম সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল। এই ধবনেব প্রায় 100 বকমেব মৌলেব বিভিন্ন সংমিশ্রণে যৌগেব সৃষ্টি। এই পৃথিবীতে যদিও বহু বকমেব পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়, তথাপি তাহাদেব গঠনেব মূলে আছে মাত্র 100 বকমেব মৌল।

আধুনিক বিজ্ঞান অনুযায়ী পবমাণু পদার্থেব ক্ষুদ্রতম অবস্থা নয়। পবমাণুকে ভাঙ্গিয়া আবও ক্ষুদ্রতব কণিকা পাওয়া যায়। এই কণা-গুলি ঋণাত্মক (negative) তড়িৎযুক্ত। ইহাদেব বলা হয় ইলেকট্রন (electron)।

পবমাণুব তালকটনগুলি একটি ধনাত্মক (positive) ও তড়িৎযুক্ত কেন্দ্রব (nucleus)-এ প্রদাক্ষণ করিয়া সবদা বণনন। এষ্ট কেন্দ্রকটি গঠিত হওয়াছে প্রোটন, নিউট্রন প্রভৃতি অতি ক্ষুদ্র বণাদাব।। পবমাণুব গঠন পদার্থকে সাবডগতেব গঠন-প্রণালীব সতি ও তুলনা করা যাউতে পারে। কেন্দ্রকে বল যাঠে। পারে স্মৃ এবং ঘর্মান ইলেকটনগুলি ব গ্রহেব সঙ্গে তুলনা করা যাঠতে পারে।

পদার্থের কয়েকটি সাধারণ ধর্ম :

পদার্থ যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক 'না কেন উঠাব ব ও ন গুলি সাধারণ ধর্ম আছে। যেমন—

(1) মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ (Gravitational or Universal attraction) : যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পবম্পনকে আকর্ষণ করব। পৃথিবী ও সূর্যেব ভিতব এই আকর্ষণ বর্তমান—যাহাব ফলে সূর্যেব চতুর্দিকে পৃথিবী ঘূবিতেছে। যখন ফল পাকিয়া বোটা হইতে খসিয়া পড়ে তখন পৃথিবী আকর্ষণে ফলটি মাটিতে পড়ে। চন্দ্র-সূর্যেব আকর্ষণের ফলেই সাগব-জলে জোয়াব-ভাঁটার সৃষ্টি হয়। এই আকর্ষণেব ফলেই প্রত্যেক

পদার্থ বিজ্ঞান

বস্তুর গুণের পরিমাপিত হয়। এই আকর্ষণকে বলা হয় মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ।

(2) বিস্তৃতি (Extension) : প্রত্যেক পদার্থখণ্ড কিছু জায়গা দখল করিয়া থাকে। ইহাকে পদার্থের বিস্তৃতি বলা হয়। পদার্থখণ্ডে-পরিমাণ জায়গা দখল করে তাহাকে বলা হয় ঐ বস্তুর আয়তন (volume)। প্রত্যেক বস্তুর নিজস্ব আয়তন আছে।

(3) অভেদ্যতা (Impenetrability) : যে-কোন দুইটি পদার্থখণ্ড একই সময়ে একই জায়গা দখল করিয়া থাকিতে পারে না। ইহাকে পদার্থের অভেদ্যতা বলা হয়। যখন দেওয়ালে পেরেক পোতা হয় তখন মনে হয় পেরেক দেওয়াল ভেদ করিতেছে। প্রকৃতপক্ষে যখন পেরেক ভিতবে ঢোকে তখন সেই জায়গা হইতে সিমেন্ট, চুন প্রভৃতি সরিয়া গিয়া পেরেক ঘাইবার জগু পথ করিয়া দেয়।

(4) বিভাজ্যতা (Divisibility) : প্রত্যেক পদার্থখণ্ডকে উহার ধর্ম অক্ষুণ্ণ রাখিয়া ছোট ছোট অংশে ভাগ করা যায়। ইহাকে পদার্থের বিভাজ্যতা বলে। যেমন, এক টুকরা খড়ি লইয়া প্লেটের উপর লিপিলে উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খড়ির কণায় বিভক্ত হইয়া যায়।

(5) সংসক্তি (Cohesion) ও আসঞ্জন (Adhesion) : একটি পদার্থখণ্ডের ভিতর যে বহুসংখ্যক অণু-বর্তমান, উহারা সর্বদা পারস্পরিক আকর্ষণ করে। একই পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় সংসক্তি। এই সংসক্তির ফলে কঠিন পদার্থ উহার আকার বজায় রাখে। তবল পদার্থের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ খুব কম। তাই তবল পদার্থের নিজস্ব কোন আকার নাই। গ্যাসের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ আরো কম।

দুইটি বা দুই-এর বেশী বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় আসঞ্জন। এই আসঞ্জনের ফলে ঝালাই (soldering) করা সম্ভব হয়। কাচকে জলে ডুবাইলে এই আসঞ্জনের ফলে জলকণাকে কাচের গায়ে আটকাইয়া থাকিতে দেখা যায়।

(6) সচ্ছিদ্রতা (Porosity) : প্রত্যেক বস্তুই সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র দ্রবীভূত। একখণ্ড ব্লটিং কাগজ কালির উপর চাপিয়া ধরিলে কালি শুষিয়া নেয়, পাবণ, কালি ব্লটিং কাগজের অসংখ্য ছিদ্র দিয়া ঢুকিয়া পড়ে। তেমনি একখণ্ড ইট, শ্রাময় চামড়া, কাঠকয়লা প্রভৃতি ভালভাবে পরীক্ষা করিলে এই ছিদ্র

লাক্‌শিত হইবে। অনেক সময় এই ছিদ্র এত ক্ষুদ্র হয় যে অনুবীক্ষণ যন্ত্রে তাহা ধরা পড়ে না। এই ধবনের ক্ষুদ্র ছিদ্রকে বলা হয় আন্তরাণবিক (inter-molecular) ছিদ্র। এই ব্যাপ্যাবকে বলা হয় পদার্থের সচ্ছিন্নতা।

(7) জড়তা (Inertia) : যে-কোন বস্তু আপনা হইতে উহার অবস্থান পরিবর্তন করিতে অক্ষম। যদি উহা স্থির থাকে তাহা হইলে উহা চিবিদীন স্থির থাকিবে। আর যদি গতিশীল হয়, তাহা হইলে চিবিকাজ গতিশীল থাকিবে। ইহাকে পদার্থের জড়তা বলে। বস্তু ভব (mass) অর্থাৎ বস্তুতে যে-পরিমাণ জড় পদার্থ বর্তমান তাহাই জড়ত্বের পরিমাণ।

(8) স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) : একখণ্ড বস্তুকে একটু চাপ দিয়া বলপ্রয়োগ করিলে বস্তুটির আকার পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ সরাইয়া লইলে বস্তুটি আবার আগেকার আকারে ফিবিয়া আসে। বস্তুবের এই ধর্মকে বলা হয় স্থিতিস্থাপকতা। এই ধর্ম শুধু বস্তুতে নয়, প্রত্যেক পদার্থেই বর্তমান, কিন্তু কম বা বেশী মাত্রায়।

শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপ (Energy and its different forms) : কাজ করিবার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। শক্তিকে মাটামুটি সাত ভাগে ভাগ করা যায় যে-পায়ে :
 .

(1) যান্ত্রিক শক্তি (Mechanical energy), (2) তাপ শক্তি (Heat energy), (3) আলোক শক্তি (Light energy), (4) শব্দ শক্তি (Sound energy), (5) চৌম্বক শক্তি (Magnetic energy), (6) তড়িৎ শক্তি (Electric energy), (7) রাসায়নিক শক্তি (Chemical energy)।

শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy) :

উপোক্ত সাত প্রকার শক্তি পরস্পরের সহিত সম্বন্ধযুক্ত, অর্থাৎ যে-কোন একটা হইতে অন্যটায় রূপান্তর সম্ভব। প্রকৃতিতে প্রায় প্রত্যেক প্রাকৃতিক ঘটনাই শক্তির রূপান্তর বলিয়া ধরা যায় যে-পায়ে এবং তাহার ফলে আমরা বর্বিচৎ প্রাকৃতিক নীলা দেখিতে পাই। নিম্নে এই রূপান্তরের কয়েকটি সহজ দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল।

জল উচ্চস্থান হইতে নিম্নদিকে প্রবাহিত হয়। উচ্চস্থানে থাকাকালীন জলের স্থিতি-শক্তি নিম্নদিকে যাইবার সময় গতি-শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং জলে এই গতি-শক্তিকে কাজে লাগাইয়া তড়িৎ-শক্তি সৃষ্টি করা হয়।

পদার্থ বিজ্ঞান

বন্ধন বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত হয় তখন আমরা আলো পাই। এখানে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

স্টীম এঞ্জিনে তাপের সাহায্যে স্টীম উৎপন্ন করিয়া রেলগাড়ী চালানো হয়। এখানে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

এইরূপ বিভিন্ন দৃষ্টান্ত দ্বারা দেখানো যাইতে পারে যে, একপ্রকার শক্তির অন্ত যে কোন প্রকার শক্তিতে রূপান্তর সম্ভব।

শক্তির নিত্যতা (Conservation of energy) :

শক্তি যখন এক রূপ হইতে অন্য রূপে পরিবর্তিত হয় তখন শক্তির কোন ক্ষয় হয় না। এক বস্তু যে-পরিমাণ শক্তি হারাইবে অন্য বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করিবে। প্রকৃতপক্ষে আমরা কোন নতুন শক্তি সৃষ্টি করিতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করিতে পারি না। বিজ্ঞানীগণ বিশ্বাস করেন যে, এই বিশ্ব সৃষ্টির প্রথম দিন যে পরিমাণ শক্তি ছিল আজও সেই পরিমাণ শক্তি বর্তমান। এই সূত্রকে শক্তির নিত্যতা বলে।

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান
[GENERAL PHYSICS]

প্রথম পরিচ্ছেদ

মাপের একক ও পদ্ধতি

[Units and methods of measurement]

1-1. প্রাকৃতিক রাশি (Physical quantities) :

রাশি (Quantity) বলিতে এমন জিনিস বুঝায় যাহার পরিমাণ সম্ভব, যেমন, একটি কাঠের টুকরার ওজন আছে আমরা বুঝিতে পারি এবং তুলা (balance) দ্বারা সেই ওজন মাপিতে পারি। কাজেই বস্তুর ওজনকে বলা হয় একটি রাশি। কোন ঘটনা কিছু সময় ধরিয়া ঘটিলে ঘড়ির সাহায্যে আমরা সেই সময় মাপিতে পারি। কাজেই ‘সময়’কে আমরা বলিব একটি রাশি। পদার্থ বিজ্ঞান অধ্যয়নকালে এইরূপ বহু রাশির কথা আমরা জানিতে পাবি। যেমন—ভর, দৈর্ঘ্য, গতিবেগ, ত্বরণ (acceleration), তড়িৎশ্রোত ইত্যাদি। পদার্থ বিজ্ঞানেব অন্তর্গত এই রাশিগুলিকে প্রাকৃতিক রাশি বলা হয়। এই প্রাকৃতিক রাশিকে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে।

(1) স্কেলার (Scalar) রাশি এবং (2) ভেক্টর (Vector) রাশি। যে-সমস্ত রাশির শুধু মান (magnitude) আছে কিন্তু দিকনির্দেশ (direction) প্রয়োজন নাই তাহাদেব স্কেলার রাশি বলে। যেমন, বস্তুর ভর। বস্তুই ভর বুঝাইতে গেলে কতখানি ভর শুধু তাহা বলিলেই হয়। দিকনির্দেশের কোন অর্থ নাই—সেইজন্য ভর একটি স্কেলার রাশি। তেমনি সময়, আয়তন প্রভৃতি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

যে-সমস্ত রাশির মান এবং দিকনির্দেশ দুই-একত প্রয়োজন তাহাকে বলা হয় ভেক্টর রাশি। বস্তুর ওজন একটি ভেক্টর রাশি। ব্যরণ ওজন বলিতে আমরা বুঝি,—যে-বলের দ্বারা বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হইতেছে তাহা। কাজেই ওজনেব একটি নির্দিষ্ট দিক (direction) আছে। তেমনি বল, বেগ (velocity) প্রভৃতি ভেক্টর রাশির উদাহরণ।

1-2. মাপের একক (Units of measurement) :

কোন একটি রাশির পরিমাপ বুঝাইতে গেলে তাহার একটি স্তবিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সমস্কার রাশির মাপ লওয়া হয়। ঐ নির্দিষ্ট মানকে মাপের একক (unit) বলা হয়। যেমন, যদি বলা

হয় একটি ঘর 20 ফুট লম্বা তাহা হইলে সহজেই ঘরটির দৈর্ঘ্য সম্বন্ধে ধারণা হয়। এখানে দৈর্ঘ্য একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'ফুট'-কে একক হিসাবে ধরা হইয়াছে।

যদি বলা হয় আমি অনেক চাউল কিনিলাম তাহা হইলে কতটা চাউল সে-সম্বন্ধে কিছুই বোঝা যায় না। কিন্তু যদি বলি 20 কিলোগ্রাম চাউল কিনিলাম, তাহা হইলে তৎক্ষণাৎ চাউলের পরিমাণ বোঝা যায়। এখানে কিলোগ্রামকে একক হিসাবে ব্যবহার করিয়া চাউলের ভর-কে (mass) বুঝানো হইল।

তেমনি, যদি বলা হয় ট্রেনটি বোম্বাই হইতে কলিকাতা পৌছিতে অনেক সময় লইতেছে, তাহা হইলে সমস্যা সম্বন্ধে সঠিক কিছু বলা হইল না। সঠিক বলিতে হইলে বলিতে হইবে 30 ঘণ্টা কি 40 ঘণ্টা—ত্যাাদি। অর্থাৎ সময়ের পরিমাপ করিতে একক হিসাবে এখানে ঘণ্টাকে ব্যবহার করা হইল।

এইভাবে দেখা যায় যে প্রত্যেক বাণিব পরিমাপের জন্য এক একটি এককের প্রয়োজন। তাহা হইলে প্রশ্ন উঠিবে যে, পদার্থ বিজ্ঞানে ত' হাজাব হাজাব বাণিব কথা আছে। উহাদের কি হাজাব হাজাব একক আছে? কিন্তু সৌভাগ্যক্রমে দেখা গিয়াছে যে বাণিব অসংখ্য হইলেও, মাত্র তিনটি বাণিব একক ঠিক করিয়া লইলে বাকী সব বাণিব একক উহা হইতেই পাওয়া যাইবে। এই তিনটি বাণিব হইল, (1) দৈর্ঘ্য, (2) ভর এবং (3) সময়। এই তিনটি বাণিব একক পরস্পরের উপর নির্ভরশীল নহে। ইহাদের 'একক কে' বল। প্রাথমিক (fundamental) একক। অন্যান্য বাণিব একক—যাহা প্রাথমিক একক হইতে পাওয়া যায়—তাহাদের, বল। ইয় লব্ধ (derived) একক।

1-3. এককের বিভিন্ন পদ্ধতি (Systems of units) :

উপরে তিনটি প্রাথমিক একককে প্রকাশ করিবার দুইটি পদ্ধতি আছে।

(1) সি. জি. এস. অথবা ফ্রেঞ্চ অথবা মেট্রিক পদ্ধতি (C. G. S. or French or Metric System)।

এখানে 'সি' শব্দটি বুঝাইতেছে সেন্টিমিটার→দৈর্ঘ্যের একক।

'জি' ,, ,, গ্রাম →ভরের একক।

'এস' ,, ,, সেকেন্ড→সময়ের একক।

মাপের একক ও পদ্ধতি

(2) এক্. মি. এস্. অথবা ব্রিটিশ পদ্ধতি (F. P. S. or British system)

এখানে,

‘এফ্’ শব্দটি বুঝাইতেছে ফুট → দৈর্ঘ্যের একক ।

‘পি’ ,, ,, পাউণ্ড → ভরের একক ।

‘এস্’ ,, ,, সেকেন্ড → সময়ের একক ।

এই পদ্ধতি বিশেষ করিয়া ব্রিটিশ সাম্রাজ্যে ব্যবহৃত হয় এবং আংশিক ভাবে আমাদের দেশেও চালু আছে ।

(৪) উপবোক্ত দুইটি বিশেষ প্রচলিত পদ্ধতি চাড়া আর একটি পদ্ধতি আজকাল ব্যবহৃত হইতেছে। ইহাকে এম. কে. এস্ (M K S) পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতি অনুযায়ী

‘এম্’ শব্দটি বুঝাইতেছে মিটার → দৈর্ঘ্যের একক ।

‘কে’ ,, ,, কিলোগ্রাম → ভরের একক ।

‘এস্’ ,, ,, সেকেন্ড → সময়ের একক ।

পরিমাপের এই বিশেষ পদ্ধতিটি আমেরিকায় বাল ব্যবহৃত হইতেছে। ইহা এক্ষেপেই বিশেষ সুবিধা আছে ।

1 4. দৈর্ঘ্যের একক :

সেন্টিমিটার : সি জি এস পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল সেন্টিমিটার ।

ফ্রান্সের আন্তর্জাতিক বুদো অব ওয়েটস্ অ্যান্ড মেজারস্ এ (International Bureau of Weights & Measures) বর্ণিত একটি প্রাচীনাম-ইবিডিয়াম দণ্ডের (যাহার তাপমাত্রা 0 সেন্টিগ্রেড) উপর ভিত্তি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক **মিটার** (Metre) সেন্টিমিটার হইল মিটারের একশত ভাগের একভাগ। ছোট ছোট দৈর্ঘ্য বা খুব বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ এবং গুণিতাংশ কথ্য হইয়াছে। এখানে তাহার হিসাব দেওয়া হইল। এই ভগ্নাংশ বা গুণিতাংশ লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ইহা সর্বদা দশ ভাগ বা দশ গুণ। সি জি এস পদ্ধতির ইহা একটি বিশেষ সুবিধা ।

10 মিলিমিটার [মি. ম.] (mm.) = 1 সেন্টিমিটার [সে. মি.] (cm).

10 সেন্টিমিটার = 1 ডেসিমিটার

10 ডেসিমিটার = 1 মিটার (মি.) (m).

10 মিটার = 1 ডেকামিটার

10 ডেকামিটার = 1 হেক্টোমিটার

10 হেক্টোমিটার = 1 কিলোমিটার (কি. মি.) (km).

ফুট : এক্. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল ফুট।

লণ্ডনেব ব্রিটিশ এক্সচেকারেব (British Exchequer) অফিসে রক্ষিত একটি ব্রোঞ্জ দণ্ডেব উপর (যাহাব তাপমাত্রা হইল 62° ফাৰেনহাইট) দুইটি নির্দিষ্ট দাগেব অন্তৰ্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক গজ। এক ফুট এক গজেব তিন ভাগেব এক ভাগ। ছোট এবং বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য ফুটেব যে-ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ কবা হইয়াছে, তাহা এইরূপ :—

1 মাইল = 1760 গজ

1 গজ = 3 ফুট

1 ফুট = 12 ইঞ্চি

ইহা ছাড়া 'ফাংল' (Furlong) নামক একটি এককও ব্যবহৃত হয়।

1 ফাংল = 220 গজ

8 ফাংল = 1 মাইল।

দৈর্ঘ্যের এককের দুই পদ্ধতির পারস্পরিক সম্বন্ধ :

দৈর্ঘ্য প্রকাশেব যে বিভিন্ন এককেব কথা বলা হইল তাহাদেব পারস্পরিক সম্বন্ধ এইরূপ :—

1 ইঞ্চি = 2.54 সেন্টিমিটার (সে. মি.)

1 ফুট = 30.48 ,, (প্রায়)

1 গজ = 3 ফুট = 91.44 সেন্টিমিটার

= $\frac{91.44}{100}$ মিটার = 0.9144 মিটার।

অথবা,

1 সেন্টিমিটার = 0.3971 ইঞ্চি = 0.0328 ফুট।

1 মিটার = 1.09363 গজ = 39.37 inches.

উদাহরণ : একটি 500 গজের রাস্তাকে বর্ধিত করিয়া 500 মিটার করিতে হইবে। রাস্তাটি কতখানি বাড়াইতে হইবে তাহা গুণ-ফুটে নির্ণয় কর।

[A 500 yard track has to be extended to 500 metres. Find in yards and feet the elongation necessary.]

উঃ। আমরা জানি, $1 \text{ metre} = 1.09363 \text{ yds.}$

$$\therefore 500 \text{ metres} = 546.815 \text{ ,,}$$

অর্থাৎ 500 গজের রাস্তাকে বর্ধিত করিয়া 546.815 yds করিতে হইবে :

সুতরাং রাস্তাটি যে-পরিমাণ বাড়াইতে হইবে তাহা $= (546.815 - 500) \text{ yds.}$

$$= 46.815 \text{ yds.}$$

$$= 46 \text{ yds. } 2 \text{ ft. } 5 \text{ inches.}$$

1-5. ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক (Units of area and volume)—(লব্ধ একক) :

ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক আমরা দৈর্ঘ্যের একক হইতে গঠন করিতে পারি। এই কারণে এই দুইটি বাণির একককে **লব্ধ একক** বলা হইবে।

বর্গক্ষেত্রের একক :

যে-বর্গক্ষেত্রের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই এক সেন্টিমিটার লম্বা উহা বর্গক্ষেত্র হইল সি. জি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক এবং উহা নাম 1 বর্গ সেন্টিমিটার (1 sq. cm.)।

তেমনি এফ্. পি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক হইল এক বর্গফুট (1 sq. ft.)।

আয়তনের একক :

যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 সেন্টিমিটার উহা আয়তনকে সি. জি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। উহা নাম 1 বর্গ সেন্টিমিটার (1 cubic centimetre বা 1 c.c.)

তেমনি যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 ফুট উহা আয়তনকে এফ্. পি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। ইহাকে বলা হয় এক ঘন ফুট (1 cubic foot অথবা 1 c. ft.)।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে 'লিটার' (litre) নামক আর একটি এককের দ্বারা আয়তনকে প্রকাশ করা হয়। বিশেষত তরল পদার্থের বেলায় এই একক ব্যবহৃত হয়।

1 লিটার = 1000 ঘন সেন্টিমিটার।

কাজেই, 1 millilitre (ml) = 1 c.c.

তেমনি, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে তবলের আয়তন প্রকাশ কবিলার জন্য 'গ্যালন' (gallon) একক ব্যবহৃত হয়।

1 গ্যালন = 62 F তাপমাত্রায় 10 lb জলের আয়তন।

1 গ্যালন = 4.54 লিটার।

1-6. ভরের একক :

বস্তু ভব বলিতে ঐ বস্তুতে কতটা পরিমাণ জড় পদার্থ (matter) আছে, তাহাই বুঝায়। যেমন, একটি লোহাব বলে যতখানি লোহা আছে তাহাই বলটিব ভব। সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুসারে ভবের একক হইল গ্রাম। প্যাবিসে রক্ষিত একটি প্রাটিনাম ইবিডিয়াম খণ্ডের ভবকে বলা হয় কিলোগ্রাম। গ্রাম এক কিলোগ্রামের হাজার ভাগের এক ভাগ।

, সাধারণভাবে এক ঘন সেন্টিমিটার জলকে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বাপিলে উহার ভবকে এক গ্রাম বলা হয়।

নিম্নে গ্রামের ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ দেওয়া হইল :

10 মিলিগ্রাম (mgm)	= 1 সেন্টিগ্রাম
10 সেন্টিগ্রাম	= 1 ডেসিগ্রাম
10 ডেসিগ্রাম	= 1 গ্রাম (gm)
10 গ্রাম	= 1 ডেকাগ্রাম
10 ডেকাগ্রাম	= 1 হেক্টোগ্রাম
10 হেক্টোগ্রাম	= 1 কিলোগ্রাম (kgm)

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ভবের একক হইল পাউণ্ড (lb)।

ওয়েস্টমিনস্টারে, স্ট্যাণ্ডার্ড অর্টিসে বর্ণিত এবং গুণিতা প্রাটিনামের ভবের এক পাউণ্ড বলা হয়।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভবের অন্যান্য যে দ্রব্য এক প্রচলিত আছে তাহা নিম্নে বলা হইল—

16 ড্রাম	= 1 আউন্স (oz.)
16 আউন্স	= 1 পাউণ্ড
28 পাউণ্ড	= 1 কোয়ার্টার
4 কোয়ার্টার	= 1 হন্দব (cwt)
20 হন্দব	= 1 টন
কাজেই, 1 টন	= 20 × 4 × 28 = 2240 পাউণ্ড।

ভারতীয় পরিমাপ অস্থায়ী 1 সের ভর 930 গ্রাম অর্থাৎ 93 kilogram-এর সমান।

গ্রাম ও পাউণ্ডের পারস্পরিক সম্পর্ক :

মনে রাখিবে, 1 পাউণ্ড = 453.59 গ্রাম।

1 কিলোগ্রাম = 2 204 পাউণ্ড।

উদাহরণ : এক সেব অপেক্ষা এক কিলোগ্রাম কতটা ভারী নির্ণয় কর।
40 seers = 82 2 lbs এবং 1 lb = 453.6 gms.

[How much heavier is a kilogram than a seer, if 40 seers weigh 82.2 lbs and 1 lb weighs 453.6 gms.]

[H. S. Exam. 1963]

উঃ। 40 সেব = 82.2 পাউণ্ড

$$= 82.2 \times 453.6 \text{ gms.}$$

$$= 37285.92 \text{ gms.}$$

$$= 37.28 \text{ kilo gms.}$$

অর্থাৎ, 37.28 kilo = 40 seers.

$$1 \text{ kilo} \frac{40}{37.28} = 1.07 \text{ seers}$$

অর্থাৎ 1 সেব হইতে 1 kilo যতখানি ভারী তাহা

$$1.07 - 1 = 0.07 \text{ kilo}$$

$$= 70 \text{ gms.}$$

1-7. মেট্রিক বা দশমিক (Decimal) পদ্ধতির সুবিধা :

১. ভি. এস বা মেট্রিক পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্য বা ভরবেব একক লম্বা বহির্নে দেখিতে পাইবে যে, যে-কোন একক তাব পবর্তী নিম্ন এবং বর্ধ দশগুণ বা তাহাব অগ্রবর্তী উচ্চ এককের দশ ভাগেব এক ভাগ। এই কাবণে মেট্রিক পদ্ধতিকে দশমিক পদ্ধতিও বলা হয়। এই পদ্ধতি একটি মন্ত সুবিধা যে এক একক হইতে অল্প এককে যাইতে হইলে দশমিক বিন্দু সবাচলেই চলিবে, গুণ বা ভাগেব প্রয়োজন নাই। যেমন, 593.21 মিটার = 593.21 সেন্টিমিটার = 0.59321 কিলোমিটার ইত্যাদি। কিন্তু এক্. পি. এস. পদ্ধতিতে এই সুবিধা নাই। যেমন 3 গজ = 3 × 3 = 9 ফুট = 9 × 12 = 108 ইঞ্চি = 17.78 মাইল ইত্যাদি। তাছাড়া দৈর্ঘ্য, আয়তন ও ভরবেব একক মেট্রিক পদ্ধতিতে

সুবিধাজনকভাবে সংজ্ঞিত। যথা, 1 ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজন 1 গ্রাম। কিন্তু 1 ঘনফুট জলের ওজন 1 পাউণ্ড নয়, 62.5 পাউণ্ড।

এই সকল কারণে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র দশমিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতেছে। আমাদের দেশে বিগত 1957 খ্রীষ্টাব্দের এপ্রিল মাস হইতে দশমিক পদ্ধতিতে মুদ্রা প্রচলিত হইয়াছে এবং 1961 খ্রীষ্টাব্দে ওজনও দশমিক পদ্ধতিতে প্রচলিত হইয়াছে।

উদাহরণ:

একজন ক্রেতা বাজারে গিয়া দোকানদারের নিকট 20 সের চাউল, 5 গ্যালন তেল এবং 8 গজ কাপড় চাহিল। ভুলক্রমে দোকানদার তাহাকে 20 কিলো চাউল, 20 লিটার তেল এবং 8 মিটার কাপড় দিল। কোন্ ক্ষেত্রে দোকানদারের লাভ এবং কোন্ ক্ষেত্রে ক্ষতি হইল মেট্রিক পদ্ধতিতে উহা নির্ণয় কর।

[A person went to the market and asked the salesman to give him 20 seers of rice, 5 gallons of oil and 8 yards of cloth. Due to mistake the salesman gave him 20 kilos of rice, 20 litres of oil and 8 metres of cloth. Calculate the gain or loss of the salesman in each case and express the result in metric system.]

উ: 1 সের = 0.93 কিলো

$$\therefore 20 \text{ সেব} = 0.93 \times 20 = 18.6 \text{ kilo}$$

কাজেই চাউলের ক্ষেত্রে দোকানদারের লোকসান হইল (20 - 18.6)
= 1.4 কিলো।

1 গ্যালন = 4.54 লিটার

$$\therefore 5 \text{ গ্যালন} = 4.54 \times 5 = 22.7 \text{ লিটার}$$

কাজেই, তেলের ক্ষেত্রে দোকানদারের লাভ হইল (22.7 - 20)
= 2.7 লিটার।

1 গজ = 0.91 মিটার

$$\therefore 8 \text{ গজ} = 0.91 \times 8 = 7.28 \text{ মিটার}$$

কাজেই কাপড়ের ক্ষেত্রে দোকানদারের ক্ষতি হইল (8 - 7.28)
= 0.72 মিটার।

1-৪. সময়ের একক :

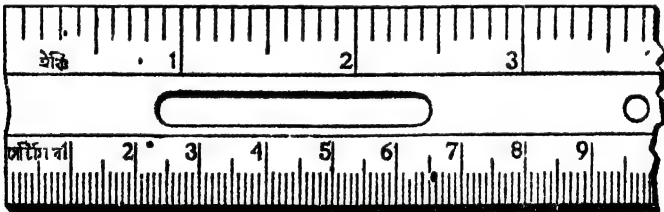
এক. পি. এস. ও সি. জি. এস্ উভয় পদ্ধতিতে সময়ের একক গড় সৌর সেকেন্ড (mean solar second) বা সংক্ষেপে, 'সেকেন্ড'। সূর্য পর পর্ব কোনও স্থানের মর্যবেধাকে (meridian) দুইবার অতিক্রম করিতে যে সময় নেয় তাহাকে এক সৌরদিন (solar day) বলা হয়। কয়েকটি কারণে বৎসবেব সব সময় এই সৌরদিন ঠিক সমান থাকে না, একটু কবিতা পরিবর্তন করে। এক বৎসবে গড় লইলে যাহা হয় তাহাকে গড় সৌরদিন (mean solar day) বলে। এই গড় সৌরদিনেব 24 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক ঘণ্টা এবং ঘণ্টােব 60 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক মিনিট এবং মিনিটেব 60 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক সেকেন্ড। অর্থাৎ, 24 ঘণ্টা = 1 গড় সৌরদিন। 60 মিনিট = 1 ঘণ্টা। 60 সেকেন্ড = 1 মিনিট। অথবা, 1 সেকেন্ড = $\frac{1}{24 \times 60 \times 60} = \frac{1}{86400}$ গড় সৌরদিন।

দৈর্ঘ্য, ভর এবং সময়ের পরিমাপ

(Measurement of length, mass and time)

1-৭. দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

সাধারণত দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য আমরা যে ঘর ব্যবহার করি উহাকে নাম স্কেল। একটি ১ মিটার লম্বা বাঠেব পাঠেব স্কেলে সেন্টিমিটার এবং



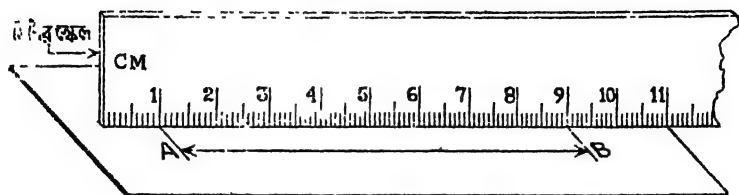
স্কেল

চিত্র 1ক

সেন্টিমিটারেব ভগ্নাংশে মিলিমিটার দাগ কাটা এবং উপর্যে ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা ঘরের নাম স্কেল (1ক নং চিত্র)। স্কেল অনেক সময় শুধু সেন্টিমিটারে ও মিলিমিটারে দাগ কাটা থাকে। তখন উহাকে বলা হয় মিটার স্কেল। আবার শুধু ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা থাকিলে তখন বলা হয় ফুট-ইঞ্চি স্কেল।

স্কেলের ব্যবহার :

ধরা যাউক, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য স্কেল দিয়া মাপিতে হইবে। স্কেলটিকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যে দাগ কাটা পাশটি AB লাইনটির সহিত লম্বালম্বিভাবে মিশিয়া যায়। A প্রান্তটি কোন একটি পূর্ণসংখ্যার (ধরা যাউক, 1 সেন্টিমিটার)



স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1গ

সহিত নিম্নলিখিত প্রান্তের পাঠ (reading) লইতে হইবে। মনে কর, B প্রান্তটি 8.9 এবং 9 সে. মি.-এর মাঝে কোথাও আছে (1গ নং চিত্র)। এইরূপ স্থলে B প্রান্তটির পাঠ লইতে গেলে চোখেই আন্দাজের (eye-estimation) সাহায্যে 1 মিলিমিটারকে দশভাগে ভাগ করিয়া দেখিতে হইবে এবং ঐ হিসাবে B প্রান্তের পাঠ লইতে হইবে। ধরা যাউক, ঐ হিসাবমত B-প্রান্তের পাঠ 8.99 সে. মি.।

তাহা হইলে, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = B প্রান্তের পাঠ - A প্রান্তের পাঠ
 $= 8.99 - 1 = 7.99$ সে. মি.।

এরূপ আরো কয়েকবার পাঠ লইয়া উহা বার বার করিলে AB লাইনের দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে।

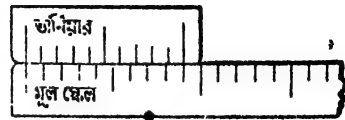
1-10. ভার্নিয়ার স্কেল (Vernier Scale) :

এই যন্ত্রটি ফরাসী গণিতবিদ পি. ভার্নিয়ার আবিষ্কার করেন। ইহা দ্বারা দৈর্ঘ্যের সূক্ষ্মতর মাপ নিতুলভাবে করা যায়। মিটার স্কেল দ্বারা 1 মিলিমিটারের ক্ষুদ্র অংশ পাঠ করিতে চোখেই আন্দাজ (eye-estimation) কাজে লাগাইতে হয়, তাহা আগেই বলা হইয়াছে। ইহাতে ভুল হইতে পারে। ঐ ভুল ভার্নিয়ার স্কেল দ্বারা দূর করা যায়। 1গ নং চিত্রে

একটি ভার্নিয়ার স্কেল দেখানো হইয়াছে। ইহাতে মূল স্কেলের (main scale) গায়ে আর একটি

ক্ষুদ্র স্কেল লাগানো থাকে। উহাকেই ভার্নিয়ার বলে। ভার্নিয়ারটি মূল স্কেলের গা বাহিয়া দক্ষিণে বা বামে

সবিতে পাবে। ভার্নিয়ার স্কেলে যে ছোট ভাগগুলি থাকে তাহা মূল স্কেলের একটি ছোট ভাগের (অর্থাৎ ১ মি. মি.)



ভার্নিয়ার স্কেল
চিত্র ১গ

চাইতে কিছু ছোট। ছবিতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে, ভার্নিয়ারের ১০ দাগ মূল স্কেলের ৯ দাগ অর্থাৎ ৯ মি. মি.-এর সমান। সাধারণত ভার্নিয়াবে এই বকম ভাগই থাকে। এই ভার্নিয়ারের সাহায্যে কোন দৈর্ঘ্য মাপিতে গেলে প্রথম ভার্নিয়ার পিবান্দ (vernier constant) নির্ণয় করিতে হইবে।

ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক :

মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক দাগ এবং ভার্নিয়ার স্কেলের এক দাগের অন্তরকালে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক বলা হয়। ইহাও দ্বারা এক মিলিমিটারের ক্ষুদ্রতম অংশকে নির্ভুলভাবে মাপা সম্ভব। ১গ নং চিত্র বোঝা যাইতেছে যে,

১০ ভার্নিয়ার ভাগ = মূল স্কেলের ৯ ভাগ

$$\therefore 10 \text{ " } = 9 \text{ " } \\ = \frac{9}{10} \times 1 = \frac{9}{10} \text{ মি. মি. } [1 \text{ মূল স্কেলদাগ} = 1 \text{ m.m.}]$$

অতর্থাৎ ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক = $(1 - \frac{9}{10})$ মি. মি. = $\frac{1}{10}$ মি. মি. = ০.১ মি. মি.

কাজেই দেখা যাইতেছে যে উপবোক্ত ভার্নিয়ার দ্বারা সব চাইতে ক্ষুদ্রতম যে-দৈর্ঘ্য মাপা যাইবে তাহা হইল ১ সেন্টিমিটারের ১০০ ভাগের ১ ভাগ অর্থাৎ ১ মি. মি.-এব ১০^০ ভাগের ১ ভাগ।

[ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্কের সাধারণসূত্র (general formula) নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে :—

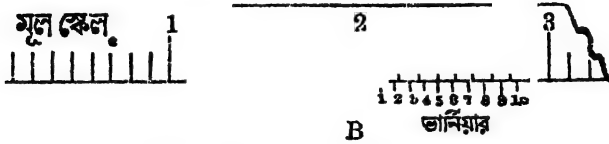
মনে কর, ভার্নিয়ারের 'm' দর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম (m-1) দর

কাজেই, ভার্নিয়ারের ১ দর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম $\frac{m-1}{m}$ দর

$$\therefore \text{ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক} = \left(1 - \frac{m-1}{m}\right) \times \text{মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম দরের মান} \\ = \frac{1}{m} \times \text{মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম দরের মান।}]$$

ভার্নিয়ারের ব্যবহার :

যেন কর, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য ভার্নিয়ারের সাহায্যে মাপিতে হইবে। মূল স্কেলের 0 দাগটি A প্রান্তের সহিত মিলাইয়া লও। চোখে দেখিয়া বোঝা যাইতেছে যে B প্রান্তটি 2 সে. মি.-এর কিছু বেশী (1 ঘনং চিত্র)।



ভার্নিয়াবের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1ঘ

চোখের আন্দাজে এই অংশটুকুর পাঠ লইলে কিছু ক্রটি থাকিবে। ভার্নিয়ার দ্বারা ইহাব নির্ভুল পাঠ সম্ভব। ইহার জ্ঞাত ভার্নিয়ারকে সরাইয়া ভার্নিয়ারের 0 দাগটি B প্রান্তের সহিত মিলাও। দেখ যে ভার্নিয়ারে 0 দাগটি মূল স্কেলের কত দাগ পাব হইয়া গিয়াছে। এক্ষেত্রে 2 সে. মি. পার হইয়াছে। কাজেই মূল স্কেলের পাঠ হইল 2 সে. মি.। বাকী অংশটুকু পাঠ করিতে হইলে দেখ ভার্নিয়াবের কোন দাগ মূল স্কেলের যে-কোন একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে কি-না। ভার্নিয়ারের দাগগুলি পব পব ভ্রলভাবে লক্ষ্য করিলেই এই মিল ধরা পড়িবে। ভার্নিয়াবের 5 দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। এক্ষেপে ভার্নিয়ারের এই 5 দাগকে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক দ্বারা গুণ করিলে যাহা পাওয়া যাইবে তাহা হইল B প্রান্তের বাকী অংশটুকুর পাঠ। অর্থাৎ $5 \times .01 = .05$ সে. মি. হইল বাকী অংশটুকুর নির্ভুল পাঠ।

সুতরাং AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = মূল স্কেল পাঠ + ভার্নিয়াব পাঠ \times

ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক

$$= (2 + 5 \times .01) \text{ cm.}$$

$$= 2 + .05 \text{ cm.}$$

$$= 2.05 \text{ cm.}$$

[লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' এ বিস্তারিত বিবরণ দ্রষ্টব্য]।

উদাহরণঃ একটি ব্যারোমিটারের ভার্নিয়াব স্কেল 20 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে এবং এই 20 ভাগ মূল স্কেলের 19 ঘরের সহিত মেলে। মূল স্কেলের এক একটি ঘর 1 মি. মি.-এর সমান হইলে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক বাহির কর।

1 The vernier scale of a barometer contains 20 divisions which coincide with 19 divisions of the main scale. If each of the main scale divisions is equal to 1 m. m., calculate the vernier constant.]

উত্তর : 20 ঘর ভার্মিয়ার স্কেল = 19 ঘর মূল স্কেল।

$$\therefore 1 \text{ " " " " } = \frac{19}{20} \text{ " " " "}$$

$$= \frac{19}{20} \text{ মি. মি.}$$

সুতরাং ভার্মিয়ার স্থিতি

$$= \text{মূল স্কেলের এক ঘর} - \text{ভার্মিয়ার স্কেলের এক ঘর}$$

$$= (1 - \frac{19}{20}) \text{ mm}$$

$$= \frac{1}{20} \text{ mm.}$$

$$= .05 \text{ mm.} = .005 \text{ cm.}$$

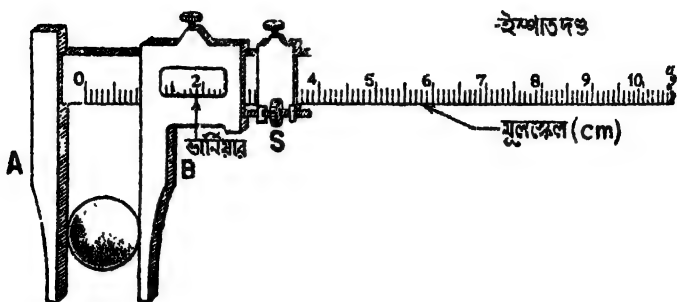
1-11. ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপের জন্য সাধারণত তিনটি যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। উহাবা হইতেছে (1) ভার্মিয়ার অথবা স্লাইড ক্যালিপার, (2) স্কু-গেজ বা মাইক্রো-মিটার ও (3) স্ফেরোমিটার। এই যন্ত্রেরা ভার্মিয়ার দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহাব উপর উহাদের যে-কোন একটির ব্যবহার নিভব করে। যেমন, স্কু-গেজের ব্যাস মাপিতে স্কু-গেজ স্তবিদাজনক যন্ত্র পাতলা পাতের বেধ (thickness) বা কোন বক্রতলের (spherical surface) বক্রতা-ব্যাসার্ধ (radius or curvature) মাপিতে স্ফেরোমিটার স্তবিদাজনক। যিহে তিনটির বিবরণ ও কাষপ্রণালী বলা হইল।

1-12. ভার্মিয়ার বা স্লাইড ক্যালিপার (Vernier or Slide callipers) :

বিবরণ : 1 ও নং চিত্রে একটি স্লাইড ক্যালিপার দেখানো হইয়াছে। মূল স্কেলটি একটি ইস্পাতের দণ্ডের উপর কাটা হইয়াছে এবং উহা সেটিমিটার ও মিনিমিটারে ভাগ করা। দণ্ডের যে-দিক হইতে স্কেল শুরু সেইদিকে একটি দাঁড়া (jaw) A আছে। মূল স্কেলের গা বাহিয়া একটি ভার্মিয়ার চলাফেরা করিতে পারে এবং উহাকে আস্তে আস্তে গবাইবার স্বল্প একটি স্কু-S লাগানো আছে। এই ভার্মিয়ারটির সঙ্গেও একটি দাঁড়া B আছে। যখন উহা দাঁড়া একসঙ্গে মিশিয়া থাকে তখন ভার্মিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলে:

সে-স্কেলের সহিত মিশিয়া যায় এবং সে-স্কেলে যন্ত্রটির কোন যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental error) থাকে না। সাধারণ স্কেলে ভানিয়ারের 10 ভাগ



গ্লাইড ক্যালিপার

চিত্র 1৬

মূল স্কেলের ৭ ভাগের সমান। মূল স্কেলের এক একটা ভাগ 1 মি. মি.। বাছাই ভানিয়ার স্কেল 0.1 সে. মি.।

ব্যবহার প্রণালী : যে-জিনিসটির দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে (1৭, একটি ক্ষুদ্র বেলের বাস) উহাকে দাড়া দুইটির মধ্যবর্তী স্থানে রাখিয়া ভানিয়ারটি আশে আশে সরাইতে হইবে যতখণ পযুক্ত না দুইটি দাড়া বস্তুটির ঠিক পরস্পর আশে ঠেকিয়া থাকে (1৬ নং চিত্র)। অতঃপর ভানিয়ারের ০-দাগ মূল স্কেলের কত দাগ পাবে হইয়াছে দেখিতে হইবে এবং পরে ভানিয়ারের কত মংখান দাগ মূল স্কেলের দাগের সহিত মিলিয়াছে তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিতে হইবে। ভানিয়ারের এই পাঠকে ভানিয়ায় স্কেল দিয়া গুল করিয়া মূল স্কেলের পাঠের সহিত যোগ করিলে বস্তুটির বাস্তব নিভুলভাবে দুই দশমিক স্থান পযুক্ত দৈর্ঘ্য জানিবে।

যোন যোন ক্যালিপারসে সে. মি. ও মি. মি.-এর পরিমাপে ইচ্ছিতে দাগ কাটা থাকে এবং উহান স্কেল তলতায়ী ভিন্ন হইতে পারে।

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

ক্যালিপার ব্যবহার করিতে গেলে প্রথমেই লক্ষ্য করিতে হইবে যে ইহাতে যান্ত্রিক ত্রুটি (instrumental error) আছে কি-না। অর্থাৎ, দাড়া দুইটি মিশিয়া থাকিলে মূল স্কেলের ০-দাগ ভানিয়ারের ০-দাগের সহিত মিলিয়াছে কি-না। না মিলিলে যান্ত্রিক ত্রুটি আছে বুঝিতে হইবে। সে-স্কেলে যদি দেখা যায় যে ভানিয়ারের

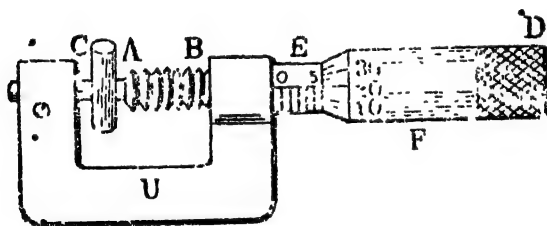
মাপের একক ও পদ্ধতি :

০-দাগ মূল স্কেলের ০-দাগের বামপাশে রহিয়াছে তাহা হইলে ঐ অবস্থায় ডার্নিয়ারের বো-পাঠ হইবে তাহা বস্তুটির নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ করিতে হইবে। আর যদি ডার্নিয়ারের ০-দাগ মূল স্কেলের ০-দাগের ডানদিকে থাকে তাহা হইলে ডার্নিয়ার পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। এইভাবে যান্ত্রিক ক্রটিপূর্ণ ক্যালিপার দ্বারাও প্রকৃত দৈর্ঘ্য বাহির করা যায়।

1-13. স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রোমিটার স্ক্রু (Screw Gauge or Micrometer Screw) :

খুব ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, যথা—গরু তারের ব্যাস, পাতলা পাতের বেধ (thickness) প্রভৃতি নিভুলভাবে মাপিবার জন্ত এই যন্ত্র ব্যবহৃত করা হয়। 15 নং চিত্রে ইহা'র ছবি দেখানো হইল।

বিবরণ : AB একটি খাতব দণ্ড যাহা। উপর দ্বু কাটা আছে। A প্রান্তটি খুব সমতল। এহু দণ্ডটি U কাটা চোটে। ভিতর দিয়া সামনে-পিছনে যাতায়াত করিতে পারে। চোড়টর উপর উঠা'র অক্ষের (axis) সমান্তরাল একটি মিনি.মিটার স্কেল কাটা আছে। যে টি যে দেখা'র উপর কাটা সেটি বেধাটিকে মান-বেধা (reference line) বলে। চোড়টর দা বাহিরা একটি



স্ক্রু-গেজ

চিত্র 1৮

বেটনী F আছে, যাহা'র এক প্রান্তে একটি চক্রাকার (circular) স্কেল কাটা আছে। বেটনীর অপর প্রান্তে অবস্থিত একটি টুপি D। তাহা হইলে বেটনী ও AB দণ্ড সামনে-পিছনে চলাচল করিতে পারে। E চোড়টি একটি U-আকৃতির ইস্পাত দণ্ড দ্বারা C দণ্ডের সহিত দৃঢ়ভাবে অটবানো থাকে। C-দণ্ডটির যে-প্রান্ত AB দণ্ডের A প্রান্তের সমুখোন্মুখি তাহা খুব সমতল। D টুপিটি ঘুরাইলে

E চোঙের গা বাহিয়া F বেটনীর ঘূর্ণন হইবে এবং তাহার ফলে বেটনী ও AB দণ্ড সোজা হুজি অগ্রসর হইবে। কাজেই E চোঙের রৈখিক (linear) স্কেল লক্ষ্য করিলে F বেটনীর একবার পূর্ণ ঘূর্ণনের ফলে AB দণ্ডটি কতটা অগ্রসর হইল তাহা সহজেই জানা যাইবে।

যন্ত্রের ব্যবহার : এই যন্ত্রটি ব্যবহার কবিত্তে গেলে সর্বপ্রথম ইহার লঘিষ্ঠ ধ্রুবক (least count) বাহির করিয়া লইতে হইবে। যন্ত্রটি নিম্নতম কত দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম তাহা উক্ত লঘিষ্ঠ ধ্রুবক হইতে জানা যায়। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের মান-রেখার সহিত মিলাইয়া জুটি একবার পূর্ণ ঘূর্ণিত হইবে। তাহাতে বেটনী বা AB দণ্ড বৈখিক স্কেল বরাবর যতটা সরিয়া আসিবে তাহাকে জু-পিচ (pitch) বলা হয়। ধরা যাউক বেটনীটি রৈখিক স্কেলে 1 ঘর সরিয়া গেল। তাহা হইলে জু-পিচ হইল 1 মি. মি.। এই পিচকে চক্রাকার স্কেলে মোট যে কয়টি দাগ আছে তাহা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রটির লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\text{লঘিষ্ঠ ধ্রুবক} = \frac{\text{জু-পিচ}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$$

[যদি চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে এবং পিচ 1 মি. মি. তাহা হইলে ল. ধ্র. = $\frac{1}{100}$ মি. মি. = .01 মি. মি. অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারে 100 ভাগের এক ভাগ পর্যন্ত সঠিক মাপিতে পারিবে।]

ধরা যাউক, একটি সরু চোঙের ব্যাস মাপিতে হইবে। চোঙটিকে C এবং A প্রান্তের মাঝখানে রাখিয়া D ট্রিপিটি আশে আশে ঘুরাইতে হইবে যতদূর পর্যন্ত না চোঙটির দুই পাশে A এবং C প্রান্ত ঠেকিয়া যায়। E চোঙের বৈখিক স্কেলটির সর্বশেষ দৃষ্ট সংখ্যা পড়। চোঙে দেখা যাইতেছে (চিত্র নং 15) 5 মি.মি. পাব হইয়াছে। কাজেই রৈখিক স্কেল পাঠ 5 মি. মি.। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে পাওয়া যাইবে। তজ্জন্তু লক্ষ্য কব রৈখিক স্কেলের মান-রেখার সহিত চক্রাকার স্কেলের কোন্ দাগ মিলিয়াছে। এখানে 20 দাগ। তাহা হইলে চক্রাকার স্কেল পাঠ = 20। ইহাকে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক দিয়া গুণ করিলে এবং রৈখিক স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে নির্দিষ্ট ব্যাস পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\begin{aligned} \text{চোঙটির ব্যাস} &= 5 \text{ mm.} + (20 \times .01) \text{ mm.} \\ &= (5 + .2) \text{ mm.} = 5.2 \text{ mm.} \end{aligned}$$

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

(1) এখানেও প্রথমে লক্ষ্য করিতে হইবে কোন যান্ত্রিক ক্রটি আছে কিনা। অর্থাৎ A ও C প্রান্তের মধ্যে কোন জিনিস না রাখিয়া উভয়কে মিশাইলে যদি চক্রাকার স্কেলের O-দাগ রৈখিক স্কেলের O-দাগের সহিত মিলিয়া যায় তবে যন্ত্র ক্রটিহীন। অতঃপর যন্ত্রটির ক্রটি আছে। ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে যন্ত্রে ক্রটি আসা স্বাভাবিক। সেক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তের মিলিয়া গেলে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের O-দাগ পর্যন্ত না পৌছায় তবে ঐ অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া গেল তাহা নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। পক্ষান্তরে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের O-দাগ ছাড়িয়া যায় তবে ঐ অবস্থায় পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ দিতে হইবে।

(2) লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তের বৃত্তকে যেন খুব স্নোরে চাপিয়া না পড়ে।

1-14. স্ফেরোমিটার (Spherometer) : এই যন্ত্রের দ্বারা অবতল (concave) বা উত্তল (convex) পৃষ্ঠের বক্রতা-রাসায়নিক অথবা পাতলা পাতের মোট (thickness) মাপা যায়। স্ফেরোমিটারের মূলনীতি (principle) স্কু-গেজেবই মত।

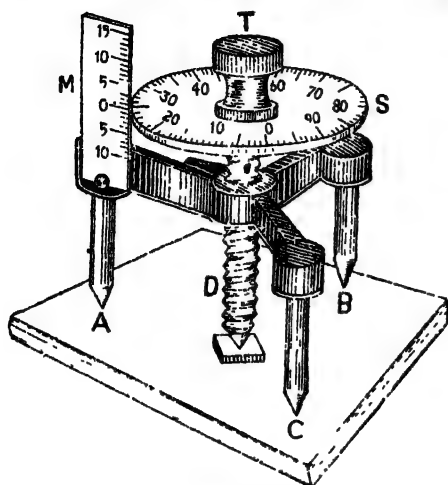
বিবরণ :

চিত্র নং ১৮-এ একটি স্ফেরোমিটার দেখানো হইয়াছে। A, B এবং C একটি ত্রিভুজ আশ্রিত এবং উহারা একটি সমান্তর ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু। এই আশ্রিত ত্রিভুজ হইতে একটি প্যাড-কাটা দণ্ড (D) উপর নীচ বাহ্যিকভাবে কবিত হইতে পারে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত উপরোক্ত সমান্তর ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু স্পর্শ করিতে পারে। উপর প্রান্তে একটি চক্রাকার স্কেল (S) আটকানো আছে। চক্রাকার স্কেলের উপর একটি টুপি (T) আছে যাহা D-screwটিকে এবং সঙ্গে সঙ্গে চক্রাকার স্কেলটিকে ঘুরাইয়া উপর-নীচে চালানো যাইতে পারে। চক্রাকার স্কেলটি আবার একটি খাড়া রৈখিক স্কেলের (M) গা-বাহিয়া চলাচল করে। এই রৈখিক স্কেলটি O-দাগ মাঝে রাখিয়া উপরে এবং নীচে মিলিমিটারে ভাগ করা থাকে।

যন্ত্রের ব্যবহার : লঘিষ্ঠ দ্রবক নির্ণয় :

স্কু-গেজের মত এই যন্ত্রেও সর্বপ্রথম লঘিষ্ঠ দ্রবক বাহির করিতে হইবে। তৎপরে চক্রাকার স্কেলটির O-দাগ রৈখিক স্কেলটির

O-দাগের সহিত মিলাইয়া লইয়া T-টুপিটি দ্বারা চক্রাকার স্কেলটিকে সম্পূর্ণ



স্কেলমিটার
চিত্র 1ছ

একবার ঘুরাইয়া দিতে
হইবে ই হার ফলে
চক্রাকার স্কেলটি বৈখিক
স্কেলটির গা বাহিয়া যতটা
নামিবে বা উঠিবে তাহাই
হটল যন্ত্রটির পিচ। যদি
1 মি. মি. নামে ব
উঠে তবে পিচ, হইবে
1 মি. মি.। ঐ পিচকে
চক্রাবার স্কেলের মোট
ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ
করিলে লখিষ্ট এবং
মিলিবে। অতএব,

স্ফ-পিচ.

ল প = -

চক্রাবার স্কেলের মোট সংখ্যা।

[যদি পিচ, হয় 1 মি. মি. এবং চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে তবে
ল. স্ফ. = 1 মি. মি. = .01 মি. মি.। অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারে 100
ভাগের এক ভাগ বৈখিক মাপিতে সক্ষম।]

কাচখণ্ডের বেধ (thickness) পরিমাপ :

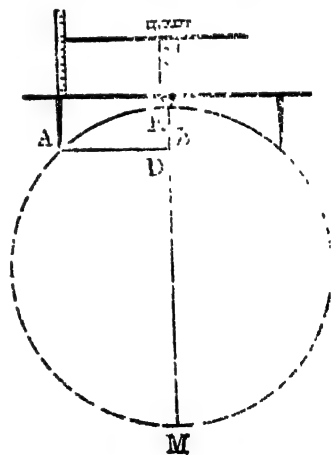
প্রথম যাউক, একগুণ কাচের প্লেটের বেধ মাপিতে হইবে। প্রথমে একটি
সমতল কাচপৃষ্ঠে যন্ত্রটি বসাইয়া T-টুপি দ্বারা D-পাদবিন্দুটিকে আশে পাশে
ঘুরাইয়া কাচের সঙ্গে সন্নিবিষ্ট করিতে হইবে। লাগানো বেশী হইলে যন্ত্রটিকে
একটু স্পর্শ করিলেই ঠক ঠক করিবে। আর লাগানো কম হইলে D-পাদ-
বিন্দু চায়াব পাইত পাদবিন্দু দুইয় কাচের ভিতর দিয়া লক্ষ্য করিলেই
দৃশ্য পড়িবে। এইভাবে D-পাদটিকে কাচের সহিত ঠিকভাবে লাগাইতে
হইবে। অতঃপর S-চক্রাকার স্কেল M-বৈখিক স্কেলের যে পূর্ণ মিলিমিটার
সংখ্যা পাব হইয়া গিয়াছে তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। উহাই হইবে বৈখিক
স্কেল পাঠ। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে জানিতে হইবে। এইজন্য
লক্ষ্য করিতে হইবে যে চক্রাকার স্কেলের কোন দাগটি বৈখিক স্কেলের

(against) দাঁড়াইয়া আছে। এই পাঠকে লম্বিত্ত্র ধ্রুবক দ্বারা গুণ করিয়া বৈখিক স্কেলের পাঠের সহিত যোগ করিলে যন্ত্রের প্রাথমিক অবস্থান নির্দিষ্ট হইবে।

অতঃপর যে-কাচখণ্ডের বেধ মাপিতে হইবে তাহা পূর্বের সমতল কাচ খণ্ডের মধ্যস্থলে স্থাপন কর যাহাতে D-পাদবিন্দুটি নামিয়া আসিয়া উহাকে স্পর্শ করিতে পারে (1ছ নং চিত্র)। T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে এই কাচখণ্ডের সহিত সঙ্গ স্পর্শ করাও এবং পূর্বের গ্রাফ বৈখিক ও চক্রাকার স্কেলের পাঠ লও। প্রাথমিক পাঠ ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তরফলই কাচখণ্ডের বেধ।

(ii) বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা নির্ণয় :

যদি কোন অবতল বা উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ মাপিতে হয় তাহা হইলে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠের প্রাথমিক পাঠ পূর্বের গ্রাফ লইতে হইবে। অতঃপর বক্রপৃষ্ঠটি এই সমতল কাচপৃষ্ঠের উপর বসাইয়া যন্ত্রটি এই বক্রপৃষ্ঠের উপর বসাইতে হইবে। প্রথমে T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে বেধ খানিকটা হ্রাসে তুলিয়া লইতে হইবে। অতঃপর আন্তে আন্তে টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুটি নামাইতে নামাইতে পাদবিন্দুটিকে বক্রপৃষ্ঠের সহিত সঙ্গ স্পর্শ করাইতে হইবে। এই অবস্থায় বৈখিক ও চক্রাকার স্কেল হইতে যে-পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইল দ্বিতীয় পাঠ। প্রাথমিক ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তর, ধরা যাক, h , (1ছ নং চিত্র)। অতঃপর A, B ও C পাদবিন্দুত্রয় (চিত্র নং 1ছ) যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে তাহাদের বাহুত্রয়ের গড় দৈর্ঘ্য যদি 'a' বলা



চিত্র 1ছ

হয় তবে বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ 'R' নিম্নলিখিত সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাইবে।

$$R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

[সমীকরণের প্রমাণ :

ফেরোমিটার যন্ত্রের ভিত্তি পা যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে, যখন কর, ABO হইল ঐ ত্রিভুজ (১ক নং চিত্র)। D এই ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু অর্থাৎ ফেরোমিটারের মধ্যস্থল হইতে যে পাঁচ-কাটা দণ্ড আছে উহার পাদবিন্দু D -কে স্পর্শ করিবে। F হইল BC বাহুর মধ্যবিন্দু।

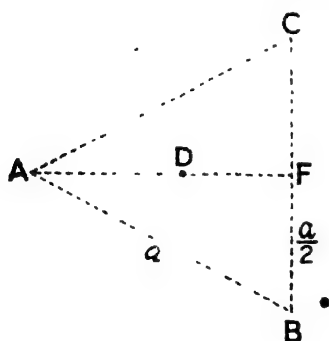
অতএব, $AB=AC=BC=a$, এবং $BF=\frac{BC}{2}=\frac{a}{2}$

$$\begin{aligned} \text{কাজেই, } AF^2 &= AB^2 - BF^2 \\ &= a^2 - \frac{a^2}{4} = \frac{3}{4}a^2 \end{aligned}$$

$$\therefore AF = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$\text{কিন্তু, } AD = \frac{2}{3}.AF = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}a = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

এখন ১ক নং চিত্র দেখ। ফেরোমিটারের পাঁচকাটা দণ্ডের পাদবিন্দু বক্রপৃষ্ঠের D বিন্দুকে স্পর্শ করিয়াছে। পৃষ্ঠটি বক্র না হইয়া সমতল হইলে পাদবিন্দু D বিন্দুকে স্পর্শ করিত। সুতরাং $ED=h$ । এখন ED সম-রেখা টানিলে উহা বক্র-পৃষ্ঠের কেন্দ্রবিন্দু সিনা চলিয়া গাইবে এবং বক্র-পৃষ্ঠের অপর পার্শ্ব M বিন্দুকে স্পর্শ করিবে।



চিত্র ১ক

সুতরাং EM বক্রপৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাস

অথবা $EM = 2R$

এখন, আমরা বৃত্তের জ্যামিতি হইতে জানি,

$$AD^2 = EM \cdot DM$$

$$\text{বা, } \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2 = h(2R - h)$$

$$\text{বা, } \frac{a^2}{3} = 2R \cdot h - h^2$$

$$\therefore R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

1-15. ক্ষেত্রফলের পরিমাপ :

অনেক সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের জন্য উহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ অথবা উচ্চতা মাপিলেই ক্ষেত্রফল জানা যায় এবং ভানিয়ান, ব্লাইড ক্যালিপার, ক্র-গেজ প্রভৃতি দ্বারা ঐগুলি পরিমাপ সম্ভব। নিম্নে কতকগুলি স্তম্ভ (regular) সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের সূত্র দেওয়া হইল :

আয়তক্ষেত্রের (rectangle) ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ

ত্রিভুজের (triangle) ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2} \times$ ভূমিবৈধা (base) \times উচ্চতা (altitude)

বৃত্তের (circle) " = $\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2 = \pi \times \frac{(\text{ব্যাস})^2}{4}$

গোলকের (sphere) উপবতলেব ক্ষেত্রফল = $4\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2$
 $= \pi \times (\text{ব্যাস})^2$

চোঙের (cylinder) বক্র-পৃষ্ঠেব ক্ষেত্রফল = $\pi \times \text{ব্যাস} \times \text{দৈর্ঘ্য}$

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি গোল বলের উপবতলেব ক্ষেত্রফল নির্ণয় কবিত্তে হইবে। প্লাইড্ ক্যালিপার্স দ্বাৰা বলটির ব্যাস মাপিয়া লইলে সহজেই ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। কারণ,

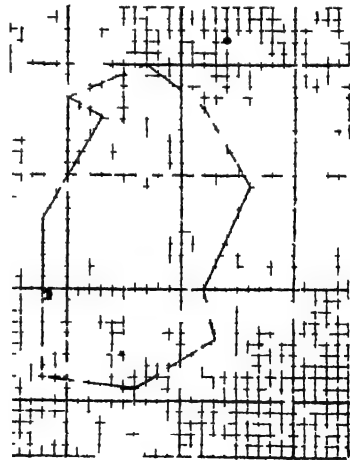
গোলকের উপবতলেব ক্ষেত্রফল = $\pi \times (\text{ব্যাস})^2$

অসম আকৃতির ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় :

ক্ষেত্র অসম (irregular) আকৃতিব হইলে ছব কাগজে (squared paper) সাহায্যে ক্ষেত্রফল সহজে নির্ণয় কবা যায়। এই নং চিত্র এত পদ্ধতি বুঝানো হইয়াছে। এত প্রসঙ্গে এতটি কথা মনে রাখা উচিত যে যে ছোট ছোট হইলে এত পদ্ধতি

দ্বাৰা নিতুল ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না।

একটি ছব কাগজ লও এত উঠাব প্রত্যেকটি ক্ষুদ্র ঘবেব বর্গক্ষেত্র নির্ণয় কব। সম্ভাবণত যে এক কাগজ পাইয়া যায় উঠাব প্রত্যেক ক্ষুদ্র ঘাবেব বর্গক্ষেত্র 1 sq inch এখন যে সমস্তল ক্ষেত্রেব ক্ষেত্রফল নির্ণয় কবিত্তে হইবে উঠাব সীমানা পেনসিল দিয়া ছব কাগজে আঁক (চিত্র দেখ)।



ক্ষেত্র খুব বৃহৎ হইলে তদনুযায়ী

চিত্র 17

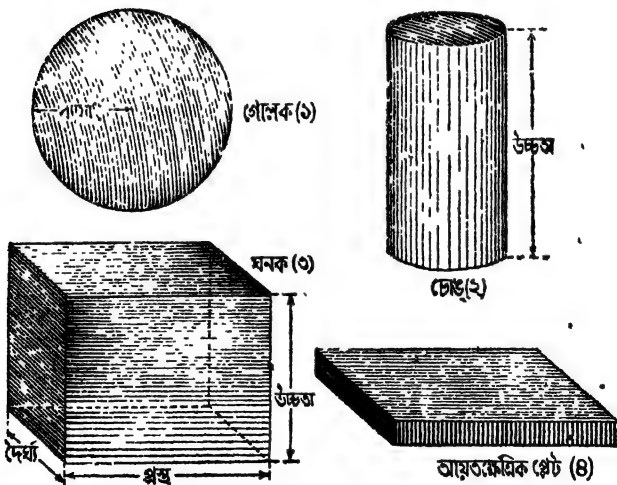
স্কেল নির্বাচন করিতে হইবে। যেমন, একটি ছেট ঘব অর্থাৎ 01 inch =

1 mile ধরিলে, দশটি ছোট ঘর 10 miles বুঝাইবে। এক্ষেত্রে সীমানা আঁকিবার স্কেল হইল 1 inch = 10 miles। এই সীমানার মধ্যে যে-কয়টি পূর্ণ ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র আছে তাহা গণনা কর। এইবার সীমানার মধ্যে অবস্থিত আংশিক বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিতে হইবে। যে বর্গক্ষেত্রগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার ভিতর আছে উহাদের পূর্বা বর্গক্ষেত্র ধরিবে এবং যেগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার বাহিবে আছে উহাদের বাদ দিবে। ঠিক অর্ধেক ভিতরে থাকিলে ঐরূপ দুইটিকে একটি পূর্বা বর্গক্ষেত্র ধরিবে। এইরূপে সীমানার অন্তর্গত মোট বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিলে উহা হইতে সহজে ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যাইবে।

ক্ষেত্রফল = বর্গক্ষেত্রের মোট সংখ্যা \times একটি বর্গের ক্ষেত্রফল।

1-16. আয়তনের পরিমাপ :

বস্তু স্বয়ং কঠিন বস্তু (solid figures) দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা মাপিলেই বস্তুটির আয়তন বাহির করা যায়। তজ্জন্ম আমবা ভানিয়ার স্কেল, স্ট্রাইড



চিত্র 1ত

ক্যালিপার্স বা স্কু-গেজ ব্যবহার করিতে পারি। এখানে (চিত্র নং 1ত) কয়েকটি স্বয়ং আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তনের সূত্র দেওয়া হইল—

Parallelepiped-এর আয়তন = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ \times উচ্চতা।

ঘনক (cube) " " = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ \times উচ্চতা = (দৈর্ঘ্য)^৩

গোলকের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi r^3$ (r = ব্যাসার্ধ)।

খাড়া গোলমুখ (right circular) চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল \times উচ্চতা।

ধরা যাক একটি খাড়া চোঙের আয়তন নির্ণয় করিতে হইবে। চোঙটির দৈর্ঘ্য ও গোল মুখের ব্যাস অনায়াসে স্লাইড ক্যালিপার দ্বারা নির্ণয় করিয়া নিম্নলিখিত সূত্রদ্বারা আয়তন বাহ্যিক কবা যাইবে।

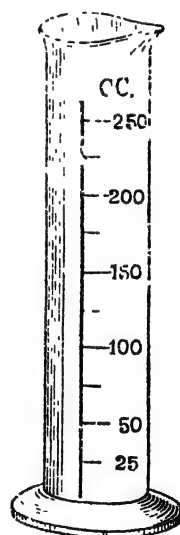
খাড়া গোলমুখ চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল \times উচ্চতা

$$= \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

[d = গোলমুখের ব্যাস ও h = উচ্চতা]

অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুব আয়তন আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতি তৃতীয় পরিচ্ছেদে আলোচনা কবা হইবাছে (3-7 অনুচ্ছেদ দেখা)।

তরল পদার্থের আয়তন মাপিবার জন্য ঘন সেন্টিমিটার (c.c) দাগ কাটা একপ্রকার আয়তন মাপক চোঙ (measuring cylinder) ব্যবহৃত কবা হয়। 1ম নং চিত্রে এরূপ একটি চোঙ দেখানো হইল।

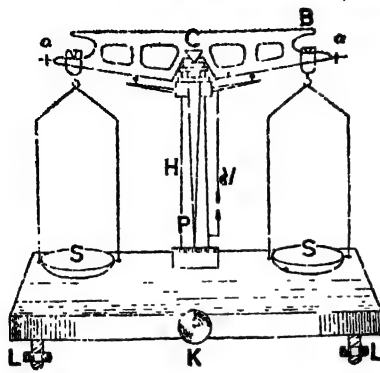


আয়তন মাপক চোঙ
চিত্র 1ম

1-17. ভরের পরিমাপ (Measurement of mass) :

বিভিন্ন দ্রব্যের ভব মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে। সাধারণত ভর মাপিবার জন্য পরীক্ষাগারে যে-যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাহার নাম সাধারণ তুলা (common balance)। এই তুলার সাহায্যে কতগুলি প্রমাণ বাটখারার (standard weights) সহিত তুলনামূলক ভাবে কোন দ্রব্যের ভব নির্ণয় কবা হয়। নিম্নে তুলার প্রধান অংশের বিবরণ দেওয়া হইল (1দ নং চিত্র)।

(ক) **তুলাদণ্ড (Balance beam)** : ইহা একটি লম্বা দণ্ড (AB)।



সাধারণ তুলা
চিত্র 1দ

এই দণ্ডের ঠিক মাঝখানে একটি অ্যাগেট্ অথবা ইম্পাত-নির্মিত ক্ষুরধার (knife-edge) ত্রিভুজাকৃতি টুকরা (C) শক্ত ভাবে আটকানো আছে। এই টুকরাটি একটি ছোট অ্যাগেট্ প্লেটেব উপর রাখা থাকে এবং অ্যাগেট্ প্লেটটি একটি খাড়া স্তম্ভ (pillar) H-এর ভিতর হইতে ঢুকানো একটি দণ্ডের (rod) উপর সংযুক্ত। K-চাৰিটি ঘুরাইলে

দণ্ডটি উপরে উঠিতে বা নীচে নামিতে পারে। উপরে উঠাইলে C-এর উপর রক্ষিত তুলাদণ্ডটি C-এব ক্ষুরধারের উপর দোল খাইবে এবং নীচে নামাইয়া রাখিলে তুলাদণ্ডটি স্থির থাকিবে। C-এর এই ধারকে বলা হয় আলস (fulcrum)।

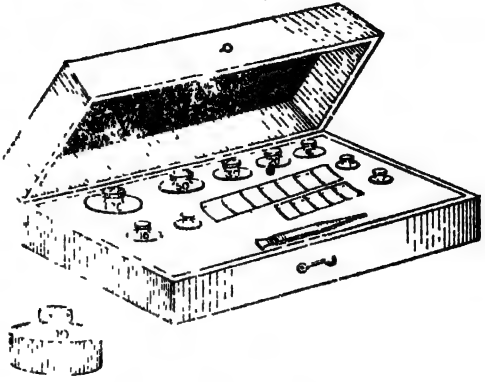
(খ) **সূচক (Pointer)** : ইহা একটি সরু কাঁটা এবং তুলাদণ্ডের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আবদ্ধ। যখন তুলাদণ্ডটি দোল খায় তখন সূচকটিও দুলিতে থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত (pointed end) স্কেলের গা ঘেঁষিয়া চলিতে করে। তুলাদণ্ড স্থির থাকিলে তীক্ষ্ণপ্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া থাকে।

(গ) **তুলাপাত্র (Scale pan)** : S এবং S দুইটি সমান ওজনের পাত্র A এবং B প্রান্ত হইতে দুইটি ষ্ট্রাপ (stirrup) দ্বারা ঝুলানো থাকে। বাম পাশের পাত্রে পরিণেয় দ্রব্যটি রাখিয়া ডানপাশের পাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখিতে হয়।

(ঘ) A এবং B প্রান্তে দুইটি ক্ষু (a, a) লাগানো আছে। তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ডটি যদি অরুভুজিক (horizontal) না হয় তাহা হইলে ঐ ক্ষু দুইটি ঘুরাইয়া ঘূৰাইয়া তুলাদণ্ডটি অরুভুজিক করিতে হয়।

(ঙ) **ওলন-দড়ি (Plumb line)** : প্রত্যেক তুলার সহিত একটি ওলন-দড়ি (V) থাকে। ইহার সাহায্যে স্তম্ভ H ঠিক খাড়া আছে কি-না বোঝা যায়।

(চ) ওজনের বাক্স (Weight box) : যদিও বাক্সটি তুলার সংলগ্ন কোন অংশ নয় তথাপি তুলার সাহায্যে ভর মাপিতে এই বাক্সের প্রয়োজন। 1খ নং চিত্রে এই বাক্সের ছবি দেখানো হইল। এই বাক্সের বিভিন্ন খাপে বিভিন্ন ওজনের প্রমাণ বাটখারা সাজানো থাকে। যেমন, 100 গ্রাম, 50 গ্রাম ইত্যাদি। খাপ হইতে বাটখারা তুলিয়া তুলাপাত্রে রাখিবার জন্ত এবং টি চিমুটি (forcep) বাক্সের সহিত দেওয়া থাকে।



ওজনের বাক্স
চিত্র 1খ

কোন দিনিসের ভব মাপিবার সময় তুলাটি হাওয়া দ্বারা যা হাতের বাধাপ্রাপ্ত না হয় হাওয়া জন্ত যন্ত্রটিকে একটি কাচের গায়েল মতে রাখা হয়।

সাধারণভাবে তুলার ব্যবহার :

তুলাটির যদি কোনওকম ত্রুটি না থাকে তবে সাধারণভাবে বস্তুর ভব মাপিবার জন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করা হয় :

পারিমেঘ একটিকে বাম তুলাপাত্রে রাখিবার ডান তুলাপাত্রে ওজনের বাক্স হইতে আন্দাজমতে একটি একটি কবিত্তা বাটখারা তুলিয়া বাম এবং দেখে এখন তুলাদণ্ডটি অক্ষভূমিক হইল। তুলাদণ্ডটি অক্ষভূমিক হইলে স্কেলের তীক্ষ্ণ প্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিলিয়া থাকিবে : এ অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে বসিত বাটখারার মোট ভর দ্রব্যটির ভরের সমান।

(দ্রষ্টব্য : লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ-বিজ্ঞান' পুস্তকে বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

একথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে, তুলাযন্ত্রে প্রমাণ বাটখারার ভরের সহিত তুলনামূলকভাবে বস্তুর ভর বাহির করা হয়।

ভাল তুলার আবশ্যকীয় গুণ (Requisites of a good balance) :

নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকিলে তুলাকে ভাল বলা হইবে :-

(1) তুলা স্নবেদী (sensitive) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ছোট তুলাপাত্রে সঞ্চিত ছোট বস্তুর ভরের সামান্য তফাৎ থাকিলে দণ্ডটি কাত হইয়া যাইবে—অল্পভূমিক থাকিবে না।

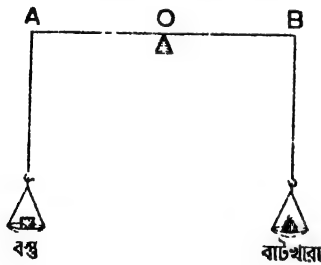
(2) তুলা নিভুল (true) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ঠিক সমান ভরের দুই বস্তু তুলাপাত্রে রাখিলে অথবা ছোট তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ড অল্পভূমিক হইবে।

(3) তুলা প্রতিষ্ঠ (stable) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, দণ্ডটি একবার আন্দোলিত হইলে পুনরায় সম্যক অবস্থানে শীঘ্র ফিরিয়া আসিবে—দীর্ঘ সময় দাঁড়া আন্দোলিত হইবে না।

(4) তুলা দৃঢ় (rigid) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, তুলার বিভিন্ন অংশগুলি মজবুত হইবে।

1-18. তুলায়ন্ত্রে ওজন করিবার নীতি (Principle of weighing by balance)

তুলায়ন্ত্রে কোনরূপ ক্রটি না থাকিলে এক তুলাপাত্রে পরিমেষ বস্তু রাখিয়া অন্য তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখাবা চাপাটিয়া তুলাদণ্ড অল্পভূমিক করিলে বাটখারার মোট ওজনকে পরিমেষ বস্তুর ওজন বলিয়া গণ্য করা হয়। 1খ (i) নং চিত্রে বস্তু ও ওজন O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া তুলাদণ্ডকে যো-দিকে ঘুরানো যাবে সেদিকে বাটখাবার ওজন তুলাদণ্ডকে ভার্য্য বিপরীত দিকে ঘুড়াইবার চেষ্টা করিবে। তুলাদণ্ড অল্পভূমিক হইলে আমরা



ওজন করিবার পদ্ধতি

চিত্র 1খ (i)

বলিতে পারি,

$$\text{বস্তু ওজন} \times AO = \text{বাটখাবার ওজন} \times BO$$

যেহেতু, $AO = BO$, কাজেই, বস্তু ওজন = বাটখাবার ওজন

আবার, যেহেতু ওজন ভরের সমান্তরালিক সেইহেতু এক্ষেত্রে,

$$\text{বস্তুর ভর} = \text{বাটখারার ভর}$$

তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান না হইলেও আমরা বস্তুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করিতে পারি। মনে কর, AO এবং BO সমান নয়। ধর, $AO = x_1$ এবং $BO = x_2$ ।

মনে কর, বাম-তুলাপাত্রে বস্তু রাখিয়া তুলাদণ্ডকে অন্তর্ভূমিক করিতে ডান তুলাপাত্রে W_1 বাটখারা চাপাইতে হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন W ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি,

$$W \times x_1 = W_1 \times x_2 \quad \dots(i)$$

এবং ডান তুলাপাত্রে বস্তু রাখিয়া বাম তুলাপাত্রে বাটখারা চাপাইতে হইবে। ধর, তুলাদণ্ডকে অন্তর্ভূমিক করিতে W_2 বাটখারা প্রয়োজন হইল। এক্ষেত্রে,

$$W_2 \times x_1 = W \times x_2 \quad \dots(ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ গুণ করিলে, $W^2 \times x_1 x_2 = W_1 \cdot W_2 \times x_1 x_2$

$$\text{or, } W^2 = W_1 W_2$$

$$\therefore W = \sqrt{W_1 W_2}$$

W_1 এবং W_2 জানা থাকায় বস্তুর প্রকৃত ওজন W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি তুলাযন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান নহে। কোন বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে ওজন যথাক্রমে 5.1 এবং 6.2 gms হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন কত ?

[The arms of a common balance are of unequal length. A substance when weighed in two scale pans, is found to be 5.1 and 6.2 gms in weight. What is the true weight of the substance ?]

উ। এস্থলে, $W_1 = 5.1$ gms এবং $W_2 = 6.2$ gms, $W = ?$

$$\text{আমরা জানি } W = \sqrt{W_1 W_2}$$

$$= \sqrt{5.1 \times 6.2}$$

$$= \sqrt{31.62}$$

$$= 5.62 \text{ gms (প্রায়)}$$

(2) অসমান দৈর্ঘ্যের তুলাদণ্ডযুক্ত একটি তুলা ওজন নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা হইল। একটি বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া 100 এবং 102'01 gms আপাত ওজন পাওয়া গেল। তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[An ordinary beam balance, with unequal arms, is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102'01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

[H. S. (comp) 1962]

উ। মনে কর দুই বাহুর দৈর্ঘ্য x_1 এবং x_2 অর্থাৎ $AO = x_1$ এবং $BO = x_2$ [চিত্র 1ধ (i)]। বস্তু বাম তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (100 gms) ডান তুলাপাত্রে রাখিলে, $W \times x_1 = 100 \times x_2$... (i)

আবার, বস্তু ডান তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (102'01 gms) বাম তুলাপাত্রে রাখিলে,

$$W \times x_2 = 102'01 \times x_1 \quad \dots (ii)$$

$$\text{ভাগ দিলে, } \frac{x_1}{x_2} = \frac{100 \times x_2}{102'01 \times x_1}$$

$$\text{or, } \frac{x_1^2}{x_2^2} = \frac{100}{102'01}$$

$$\therefore \frac{x_1}{x_2} = \frac{10}{10'1}$$

1-19. পদার্থের ঘনত্ব (Density) :

কোন পদার্থখণ্ডের এক ঘন আয়তনের যতখানি ভর থাকে তাহাকে ঐ পদার্থের ঘনত্ব (density) বলা হয়। যদি কোন পদার্থখণ্ডের আয়তন ভর V এবং ভর হয় M তাহা হইলে তাহার ঘনত্ব, $D = \frac{M}{V}$

ঘনত্বের একক (Units of density) :

সি. জি. এস্. একক : যদি এক ঘন সেন্টিমিটারে এক গ্রাম ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয় :

পরিষ্কার জলকে 4° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী এক একক ঘনত্বের সমান।

এফ্. পি. এস্. একক : যদি এক ঘন ফুটে এক পাউণ্ড ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এক ঘনফুটে যতখানি জল ধরে তাহার ভর হইল 62.5 পাউণ্ড। সুতরাং এক্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী জলের ঘনত্ব হইল প্রতি ঘনফুটে 62.5 পাউণ্ড।

একথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোন পদার্থের সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী যে ঘনত্ব, এক্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী সে ঘনত্ব হইবে না। সুতরাং পদার্থের ঘনত্ব বলিলেই তাহার যথোপযুক্ত একক উল্লেখ করিতে হইবে। যেমন, যদি বলা হয় রূপার ঘনত্ব 10.5 তাহা হইলে ঠিক বলা হইল না। বলিতে হইবে, রূপার ঘনত্ব 10.5 গ্রাম প্রতি ঘ. সেন্টিমিটারে।

এফ. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী রূপার ঘনত্ব 10.5 নয়। ইহা 10.5×62.5 পাউণ্ড প্রতি ঘনফুটে।

উদাহরণ :

(1) একটি লোহার টুকরার ভর 740 gms এবং উহার আয়তন 100 cc. , লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[The mass and the volume of a piece of iron are 740 gms. and 100 c.c. respectively. Calculate the density of iron.]

উত্তর। এস্থলে, $M = 740$ gms

$$V = 100 \text{ c.c.}$$

$$\therefore D = \frac{M}{V} = \frac{740}{100} = 7.4 \text{ gms/c.c.}$$

(2) একটি ইস্পাতের গোলকের ব্যাসার্ধ যদি 1 cm ও ভর 32.7 gms হয় তবে ইস্পাতের ঘনত্ব কত ?

[If the radius and mass of a sphere of steel are respectively 1 cm. and 32.7 gms , what is the density of steel ?]

উত্তর। আমাদের জানা আছে যে, গোলকের আয়তন

$$\begin{aligned} &= \frac{4}{3}\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^3 \\ &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (1)^3 \text{ c.c.} \\ &= \frac{88}{21} \text{ c.c.} \end{aligned}$$

সুতরাং ইস্পাতের ঘনত্ব = $\frac{\text{গোলকের ভর}}{\text{গোলকের আয়তন}}$

$$= \frac{32.7}{\frac{88}{21}} = \frac{32.7 \times 21}{88} = 7.8 \text{ (প্রায়) gms/c.c.}$$

(3) 1 metre লম্বা এবং 1 cm. অভ্যন্তরীণ ব্যাসবৃত্ত একটি চোঙের খালি অবস্থায় ওজন 100 gms এবং তরলপূর্ণ অবস্থায় ওজন 150 gms ; তরলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A cylindrical tube 1 metre long and 1 cm. in internal diameter weighs 100 gms. when empty and 150 gms. when filled with a liquid. Find the density of the liquid.]

উত্তর। তরলের ওজন = 150 - 100 = 50 gms.

এ তরলের আয়তন = চোঙের অভ্যন্তরীণ আয়তন

$$= \pi (0.5)^2 \times 100 \text{ c.c.}$$

[চোঙের ব্যাসার্ধ = 0.5 cm.

„ দৈর্ঘ্য = 100 cm.]

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং তরলের ঘনত্ব} &= \frac{50}{\pi \times 0.5 \times 0.5 \times 100} \\ &= \frac{50}{\pi \times 0.5 \times 5} \\ &= \frac{2}{3.14} = 0.64 \text{ gm/c.c.} \end{aligned}$$

ঘনত্বের পরিমাপ (Measurement of density) :

কোন পদার্থের ঘনত্ব মাপিতে হইলে উহার ভর ও আয়তন মাপিলেই চলিবে কারণ আগেই বলা হইয়াছে যে ভরকে আয়তন দিয়া ভাগ করিলে পদার্থের ঘনত্ব পাওয়া যায়। তুলাব সাহায্যে বস্তুভর বাতির কবা যাইবে এবং বস্তুটি সুষম (regular) আকৃতির হইলে উহার আয়তন বাহির করাব পদ্ধতিও আমবা পূর্বে দেখিয়াছি। সুতরাং বস্তুটি সুষম হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাতিব করা খুবই সহজ।

বস্তু অসম (irregular) আকৃতির হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহিব করিবার প্রণালী পরে বর্ণনা করা হইয়াছে (চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।

1-20. বস্তুর ওজন (Weight of a substance) :

আমরা জানি যে কোন বস্তুই মাটি হইতে কিছু উপরে তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা মাটিতে গিয়া পড়ে—উপরের দিকে উঠিয়া যায় না। ইহা হইতে স্বভাবতই মনে হয় যে মাটি ও বস্তুর ভিতর নিশ্চয়ই কোন আকর্ষণ আছে। প্রকৃত-পক্ষে পৃথিবী এবং পৃথিবী সকল বস্তুর ভিতরই এই আকর্ষণ বর্তমান। ইহাকে অভিকর্ষ (gravity) বলে এবং ইহা আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী-শ্রেষ্ঠ নিউটন।

এই অভিকর্ষের দরুন কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিরাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর বস্তুটিকে রাখিতে পারি না। এই বলকেই বস্তুর ওজন বলা হয়। সুতরাং কোন বস্তু উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন।

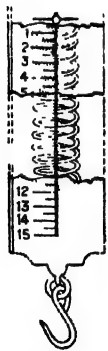
কোন বস্তু ওজন স্থানভেদে বিভিন্ন হয়। বস্তুকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে যত উচ্চে নেওয়া যায় বস্তুর ওজন তত কমিয়া যায়। পৃথিবী-পৃষ্ঠেও বিভিন্ন স্থানে ওজন বিভিন্ন হইবে কারণ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বিভিন্ন স্থানের দূরত্ব সমান নয়।

ওজনের পরিমাপ (Measurement of weight of a body)

কোন বস্তুর ওজন পরিমাপের অর্থ এই যে উহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণ-জনিত মোট বল কত তাহাব পরিমাপ। স্প্রিং তুলা (Spring balance) নামক এক প্রকার যন্ত্রেব সাহায্যে তাহা করা যায়।

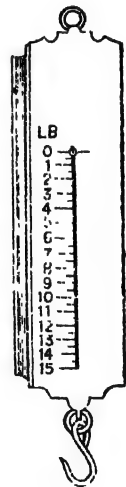
স্প্রিং তুলা : 1ন নং চিত্রে একটি স্প্রিং তুলা দেখানো হইয়াছে। স্প্রিং তুলাব ভিতরের অংশ 1প নং চিত্রে দেখানো হইল।

এই যন্ত্রে একটি ইম্পাতের স্প্রিংকে একটি ধাতব আবরণের ভিতর এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে স্প্রিংটির এক প্রান্ত আবরণের উপরে একটি ঘাটাব



স্প্রিং তুলা
ভিতরের অংশ
চিত্র 1প

সহিত আটকানো এবং নিম্নপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত সংযুক্ত। এই দণ্ডের অপর প্রান্তে একটি চক লাগানো থাকে। যে-বস্তু ওজন নির্ণয় করিতে হইবে তাকে এই চকে ঝুলাইয়া দেওয়া যায়। ধাতব আবরণের গায়ে পাউণ্ড অথবা গ্রামের দাগকাঠি একটি স্কেল অংকিত থাকে। স্প্রিংটির সহিত একটি সর্ক কাঁটা সূচকেব (pointer) কারু করিবার জুতা লাগানো থাকে। স্প্রিংটি কোন কাবণে দৈর্ঘ্য বাড়িলে সূচকটিও স্কেলের গা-বাঁহিয়া নামিয়া আসে।



স্প্রিং তুলা
চিত্র 1ন

প্রথমে কয়েকটি জানা ওজন-সম্পন্ন বস্তু চকে ঝুলাইয়া স্প্রিং কতটা দৈর্ঘ্য বাড়বে এবং তাহাব ফলে সূচকটি কোথায় দাঁড়ায তাহা ঠিক করিয়া সেই মত

কেল কাটা হয়। পরে অজ্ঞাত ওজনের কোন বস্তু হকে ঝুলাইলে সূচক যে-দাগের কাছে দাঁড়াইবে তাহাই হইবে বস্তুটির ওজন। মনে রাখিবে যে, স্প্রিংয়ের প্রসারণ বস্তুর ওজনের সমানুপাতিক।

সুতরাং দেখা যাউতেছে যে স্প্রিং তুলার কার্যনীতি (principle of work) সরাসরি পৃথিবীর আকর্ষণের উপর প্রতিষ্ঠিত। কাজেই সবাসরি এবং দ্রুত ওজন মাপিতে গেলে এই যন্ত্রই সুবিধাজনক।

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার পার্থক্য :

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলায় নীতিগত পার্থক্য আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে সাধারণ তুলায় প্রমাণ বাটখারাব সঙ্গে তুলনামূলকভাবে কোন বস্তু ভর মাপা হয়—বস্তুটির ওজন পাওয়া যায় না। কিন্তু স্প্রিং তুলার সাহায্যে সবাসরি বস্তুও ওজন মাপা হয়। যদি কোন বস্তুকে স্থান হন্তে স্থানান্তরে লইয়া যাওয়া হয়, তবে তাহাব ওজনের পার্থক্য সাধারণ তুলা দ্বারা ধরা যাইবে না। কারণ অভিকর্ষক বলের পরিবর্তন সমানভাবে বস্তু ও বাটখারাব উপর প্রযুক্ত হইবে এবং যেহেতু বস্তুটির ভর ঠিকঠাক থাকে সেহেতু একই পরিমাণ বাটখারাব বস্তুটিতে হইত জয়গাতেই সাধারণ তুলায় পরিমাপ করিবে। কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা বস্তুও এই ওজনের পার্থক্য ধরা যাইবে, কারণ বিভিন্ন স্থানে পৃথিবীর আকর্ষণ বিভিন্ন সুতরাং স্প্রিং তুলার স্প্রিং-এর প্রসারণও বিভিন্ন হইবে। সুতরাং যে বস্তুও ওজন কলিকাতায় এক পাউণ্ড স্প্রিং তুলার সাহায্যে এখানে ওজন করিলে তাহা ভিন্ন দেখা যাইবে।

অতএব মনে রাখিবে হইবে যে, সাধারণ তুলা দ্বারা আমরা বিভিন্ন বস্তুর ভরের তুলনা করিতে পারি কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা ওজন মাপিতে পারি।

1-21. সময়ের পরিমাপ (Measurement of time)

কোন ঘটনা যদি একটি নির্দিষ্ট অবকাশ (interval) অন্তর বটে তবে তাহার দ্বারা সময়ের পরিমাপ করা চলে।

সাধারণত সময় মাপিবার জ্ঞান আমরা ঘড়ি ব্যবহার করি। এই ঘড়ি নানারকম হইতে পারে; যেমন—সাধারণ ঘড়ি, ক্রনোমিটার অথবা নিভূল সময় নির্দেশক ঘড়ি, stop-ঘড়ি অর্থাৎ যে ঘড়ি ইচ্ছামত চালানো বা বন্ধ করা

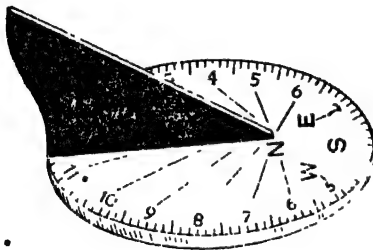
যায়। কোন কোন stop-ঘড়ি দ্বারা এক সেকেন্ডের 5 ভাগের এক ভাগ এমন কি দশভাগের একভাগ সময়ও নির্ণয় করা সম্ভব।

খ্রীষ্ট জন্মের 800 বছর পূর্বে Sun-dial নামক একপ্রকার যন্ত্রেব সাহায্যে সময় নির্ণয় করা হইত। একটি গোলাকার পৃষ্ঠে (surface) সময় নির্দেশক ঘণ্টা 1, 2 ইত্যাদি লেখা থাকে এবং একটি অস্বচ্ছ (opaque) বস্তু ঐ পৃষ্ঠে লম্ব (vertical) ভাবে আটকানো থাকে। সূর্যেব আলো এ অস্বচ্ছ বস্তুতে পড়িয়া



সপ-সার্ড
চিত্র 1ক

যে-ভাং গড়ি করিত সূর্যের গতির সঙ্গে ঐ ছায়া ঘণ্টার অঙ্কগুলিকে স্পর্শ করিয়া যাতিত। এইভাবে Sun-dial বা ৥ তখনকার দিনে সময় নির্দেশ করা হইত। 1ব নং চিত্রে একপ একটি Sun-dial দেখানো হইয়াছে।



Sun dial
চিত্র 1ব

1-22 কোণের একক
(Units of angle):

একটি বৃত্তের সমগ্র পরিধিকে (circumference) সমান 360 ভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন কবে তাহাকে 'ডিগ্রী' (degree) বলা হয়।

সাধারণত কোণের পরিমাপ করা হয় এই ডিগ্রী একক দ্বারা। সমগ্র পরিধিকে সমান চাবভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন কবে, তাহাকে সমকোণ ধরা হয়। সুতরাং এক সমকোণে 90° আছে। ডিগ্রীর ক্ষুদ্রতর অংশগুলি নিম্নরূপ:

$$1' = 60' \text{ (মিনিট)}$$

$$1' = 60'' \text{ (সেনেও)}$$

এই পদ্ধতিকে ষষ্টিক পদ্ধতি (Sexagesimal measure) বলা হয়।

ইহা ছাড়া কোণ 'রাপিবাব' আর একটি একক আছে। উহার নাম রেডিয়ান (radian)। যদি কোন বৃত্ত হইতে ব্যাসার্ধের সমান দৈর্ঘ্য সম্পন্ন চাপ লওয়া হয়, তবে ঐ চাপ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে এক রেডিয়ান বলে। এই পদ্ধতিকে বৃত্তীয়মাত্রা পদ্ধতি ('circular measure') বলা হয়।

ডিগ্রী ও রেডিয়ানের ভিত্তর সম্পর্ক নিম্নরূপ :

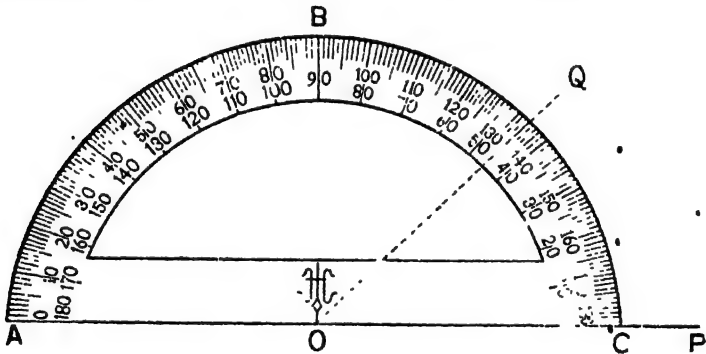
$$2\pi \text{ রেডিয়ান} = 360^\circ$$

$$\therefore 1 \text{ রেডিয়ান} = \frac{360}{2\pi} = 57.29^\circ \quad [\pi = \frac{22}{7}]$$

1-23. কোণের পরিমাপ (Measurement of angle) :

(1) চাঁদা বা প্রোট্র্যাক্টরের (Protractor) সাহায্যে :

ক্রম ও সহজে কোণ পরিমাপ করিতে হইলে চাঁদার সাহায্যে কবা যাইতে পারে। ইহা আকারে অর্ধবৃত্ত (semi-circle) বা বৃত্ত, গাট-পার্চ বা কাঠের পাতলা পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার পৰিধিকে সমান



চাঁদার সাহায্যে কোণ নির্ণয়

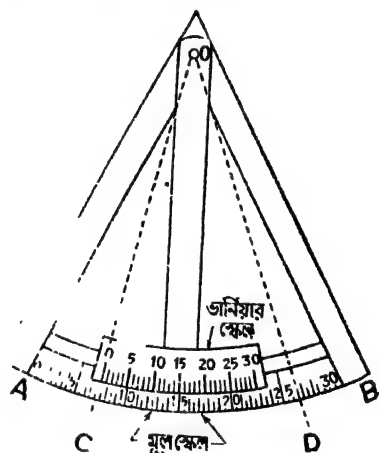
চিত্র 13

180 ভাগে ভাগ কবা হয় এবং প্রত্যেক ভাগেব গায়ে ডিগ্রীসূচক চিহ্ন লেখা থাকে। প্রত্যেক ডিগ্রীকে আবাব দুই বা তিনভাগে ভাগ করা থাকে। ইহা হইতে এক ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত পরিমাপ কবা যায়। 13 নং চিত্রে একটি চাঁদার আকৃতি দেখানো হইয়াছে। ABC হইল অর্ধবৃত্তাকার পরিধি যাহার গায়ে ডিগ্রী চিহ্ন লেখা আছে। O বিন্দু বৃত্তের কেন্দ্র।

ধর, $\angle POQ$ চাঁদার সাহায্যে মাপিতে হইবে। চাঁদাটিকে এমনভাবে রাখিতে হইবে যে AC রেখা কোণের যে-কোন বাহু—ধর, OP বাহুর সহিত মিশিয়া যায় এবং O বিন্দু কোণের শীর্ষবিন্দুর সহিত মেলে। এই অবস্থায় কোণের অপর বাহু অর্থাৎ OQ বাহু চাঁদার পরিধিকে ছেদ করিবে। এই বাহু যে-ডিগ্রী চিহ্নের ভিতর দিয়া যাইবে তাহাই হইবে উক্ত কোণের পরিমাপ। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে $\angle POQ = 45^\circ$ ।

কৌণিক ভানিয়ারের (Angular vernier) সাহায্যে :

চাঁদার সাহায্যে 1 ডিগ্রীও অধিক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত মাপা চলে, কিন্তু কোন কোন কার্যে কোণের আবগ হৃদ্বতন পরিমাপ প্রয়োজন হয়। যেমন, স্পেকট্রোমিটার (Spectrometer), থিওডোলাইট (Theodolite), সেক্সট্যান্ট (Sextant) প্রভৃতি যন্ত্রের সাহায্যে কোণের হৃদ্বতন পরিমাপ সম্ভব এবং এই সমস্ত যন্ত্রে কৌণিক ভানিয়ারের সাহায্য লওয়া হয়। 1ম নং চিত্রে একটি কৌণিক ভানিয়াব দেখানো হইল।



কৌণিক ভানিয়াব

চিত্র 1ম

এই যন্ত্রে ধাতুর পাতের উপর অঙ্কিত একটি বৃত্তাকার স্কেল (AB) থাকে। ইহাকে মূল-স্কেল বলা হয়। এত স্কেলটি ডিগ্রীতে অঙ্কিত এবং

প্রত্যেক ডিগ্রী আবার দুই ভাগে বিভক্ত। এই স্কেলের গা বাহিয়া আবার একটি ছোট স্কেল—ইহাকে কৌণিক ভানিয়াব স্কেল বলা হয়—চলাচল করিতে পারে। ইহাকে চলাচল করাইবার জন্য ইহা সহিত একটি ঘূর্ণমান (rotating) বাহু যুক্ত থাকে। O বিন্দু হইল বৃত্তাকার মূল-স্কেল এবং ভানিয়াব স্কেল উভয়েই কেন্দ্রবিন্দু। সুতরাং ঘূর্ণমান বাহু দ্বারা ভানিয়াব স্কেলকে মূল-স্কেলের গা বাহিয়া সরাইলে উহা যে বৃত্তপথে থাকিবে O বিন্দু হইবে। এই বৃত্তের কেন্দ্র।

এই যন্ত্রদ্বারা কোণ নির্ণয় করিতে গেলে সবপ্রথম ইহার ভানিয়াব স্থিরাঙ্ক

নির্ণয় করিতে হইবে। প্রথমত দেখিতে হইবে যে মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরগুলি এক ডিগ্রীর কত অংশ। চিত্রে $\frac{1}{2}$ ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। অতঃপর ভানিয়ার স্কেলে কত ঘর আছে তাহা গণনা কর। সাধারণত 30 ঘর থাকে। এইবার ঘূর্ণমান বাহু ঘুরাইয়া ভানিয়ার 0-দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলাও। দেখিবে যে ভানিয়ার শেষ দাগ মূল স্কেলের আর একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। ইহা হইতে নির্ণয় কর যে ভানিয়ার 30 ঘর মূল-স্কেলের মোট কত ক্ষুদ্রতম ঘরের সহিত মিলিল। উপবোক্ত ক্ষেত্রে দেখা যাইবে যে মূল-স্কেলের 29 ঘরের সহিত মিলিয়াছে।

সুতরাং এক্ষেত্রে লেখা যাইতে পারে যে,

30 ঘর ভানিয়াব = 29 ক্ষুদ্রতম মূল-স্কেল ঘর

$$\therefore 1 \text{ " } = \frac{29}{30} \text{ " " " "}$$

সুতরাং ভানিয়াব স্থিতিবাক্য = $\left(1 - \frac{29}{30}\right) \times$ মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর

$$= \left(\frac{1}{30} \times \frac{1}{2}\right)^{\circ} \text{ ডিগ্রী}$$

[\because মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর = $\left(\frac{1}{2}\right)^{\circ}$]

$$= \left(\frac{1}{60}\right)^{\circ} = 1'$$

সুতরাং এই ভানিয়াব দ্বারা এক ডিগ্রীর 60 ভাগেব একভাগ পর্যন্ত মাপা চলে। কোন কোন ভানিয়ারে আবও শব্দ পরিমাপের ব্যবস্থা থাকে।

মনে কর, কৌণিক ভানিয়াব দ্বারা $\angle COD$ কোণ মাপিতে হইবে। এক্ষেত্রে, ঘূর্ণমান বাহুদ্বারা ভানিয়ারকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া এমনভাবে রাখিতে হইবে যে ভানিয়ার 0-দাগ OC রেখার সহিত মিলিয়া যায় (চিত্র দেখ)। অতঃপর দেখিতে হইবে যে ভানিয়ার 0-দাগ মূল-স্কেলের কত দাগ পাব হইয়া গেল। উহা হইবে মূল-স্কেল পাঠ। এখন এক এক করিয়া ভানিয়ার দাগগুলি লক্ষ্য করিয়া যাও। দেখিবে ভানিয়ার কোন একটি দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। ঐ দাগ পর্যন্ত ভানিয়ারের কত ঘর হইল গণনা কর। উহাকে ভানিয়াব স্থিতিবাক্য দ্বারা গুণ করিয়া ঐ গুণফলের সহিত মূল-স্কেল পাঠ যোগ কর। ইহা হইবে OC রেখার কৌণিক অবস্থিতি। এইরূপে OD

রেখার কোণিক অবস্থিতি নির্ণয় কর। এই দুই পাঠের অন্তরফল হইবে $\angle COD$ কোণের সমান।

সারাংশ

রাশি দুই প্রকার—(1) স্কেলার ও (2) ভেক্টর।

এককের বিভিন্ন পদ্ধতি :—(1) সি. এস. ও (2) এক্. পি. এস.।

তিনটি প্রাথমিক একক :—(1) দৈর্ঘ্য, (2) ভর ও (3) সময়।

দৈর্ঘ্য মাপিব্যায় যন্ত্র :—(1) স্কেল, (2) ভ্যানিয়ার স্কেল, (3) প্লাইড্. ক্যালিপার্স,

(4) জু-গেজ, (5) স্কেবোমিটার।

ভর মাপিব্যায় যন্ত্র :—সাধারণ তুলা।

গমনত্ব :—যদি ভর হয় 'M' এবং আয়তন 'V' তবে গমনত্ব $D = \frac{M}{V}$

সময় মাপিব্যায় যন্ত্র :—(1) সাধারণ ঘড়ি (2) Stop-ঘড়ি (3) ক্রোনোমিটার।

তাপমাত্রা একক :—(1) ডিগ্রী (2) সেলসিয়াস।

তাপ মাপিব্যায় যন্ত্র :—(1) চন্দ্র বা থের্মোমিটার (2) কৌণিক ভ্যানিয়ার।

প্রশ্নাবলী

- একক কী? এর প্রকার এবং এককের প্রয়োজনীয়তা কি? এককের বিভিন্ন পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।
[What is 'unit' and what is its utility? Explain the different systems of unit.]
- নিম্নলিখিত বাসিষ্ঠ্যগুলির সংজ্ঞা লেখ :—(ক) সেন্টিমিটার, (খ) ফুট, (গ) কিলোগ্রাম, (ঘ) লিটার।
[Define the following quantities :—(a) Centimetre (b) Foot (c) Kilogramme (d) Litre.]
- নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রকাশ কর :—(ক) ফুটকে সেন্টিমিটারে, (খ) মিটারকে গজ, (গ) পাউন্ডকে গ্রামে ও (ঘ) সেকেন্ডকে দিনে।
[Work out the following conversions :—(a) from foot to centimetre, (b) from metre to yard, (c) from pound to gramme & (d) from second to day.]

[Ans. (a) 30.48 (b) 1.0936 (c) 453.6 (d) $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$]

4. 'লিটার' ও 'গ্যালন' কাকে বলে ? গ্যালনকে লিটারে প্রকাশ কর।
[Define a 'litre' and a 'gallon.' Express a gallon in litres.]
[Ans. 4.55]
5. একটি 100 yd. দৌড় প্রতিযোগিতাকে 100 metre-এ পরিবর্তন করা হইল। ইহাতে দৌড়টি কতখানি বৃদ্ধি পাইল তাক্ষা কৃষ্টি এবং ইকিতে প্রকাশ কর।
[A 100 yd. racing track has to be converted into a 100 metre track. Find in feet and inches the additional distance a competitor has to run in the new track.] [H S. (Comp) 1963] [Ans. 28 ft. 1 inch]
6. সেবকে কিলোগ্রামে পরিণত কর। 1 মণ = 40 সেব = 82.2 lbs.
[Express a seer in kilogrammes. Given 1 maund = 40 seers = 82.2 lbs]
[Ans. 0.982 kgm.]
7. নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলির বিবরণ ও ব্যবহার লেখ :—(ক) স্ক্রু গেজ (খ) স্ফেরোমিটার।
[Describe and explain the use of the following instruments :—(a) Screw-gauge (b) Spherometer.]
8. একটি বৃত্তের ব্যাস 14 cm., ; উহার ক্ষেত্রফল কত ?
[The diameter of a sphere is 14 cm. What is its surface area ?]
[Ans. 154 sq. cm.]
9. একটি খাড়া গোলাকৃতির চোঙের উচ্চতা 7 ft. এবং উহার ব্যাস 2 ft চোঙটির আয়তন কত ?
[The height of a right circular cylinder is 7 ft. and its diameter is 2 ft. What is its volume ?]
[Ans. 22 c. ft.]
10. একটি জলাশয়ের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও গভীরতা সমান। উহাতে 1000 গ্যালন জল আছে। জলাশয়ের গভীরতা কত হইবে নির্ণয় কর।
[The length, breadth and depth of a tank are all equal and it contains 1000 gallons of water. Find its depth in metres.]
[Ans. 1.66]
11. ভর মাপিবার যন্ত্রের নাম কি ? উহার বিবরণ দাও ও সাধারণভাবে ভর মাপিবার প্রণালী ও নীতি বর্ণনা কর।
[What is the instrument of measuring the mass of a substance ? Describe it and explain the method and principle of measuring the mass.]

12. একটি তুল্যমাপকের দণ্ডের দুই বাহু 20 cm. দীর্ঘ। এক পাতে 20 gm ওজনের একটি বাটখারা আছে এবং অন্য পাতে একটি অজানা ওজনের বস্তু আছে। একটি 1 gm-wt ওজন তুল্যদণ্ডের উপর রাখা হইল এবং আলব হইতে বস্তু দিকে আস্তে আস্তে সরানো হইল। যখন 1 gm-wt ওজনটি আলব হইতে 15 cm. দূরে রাখা হইল তখন তুল্যদণ্ড অভিক্ষিপ্ত হইল। বস্তু ওজন কত ?

[A common balance has equal arms, 20 cms in length. A weight 20 gms rests on one pan, while an unknown weight rests on the other. A one gm-wt is placed on the beam and moved from the pivot towards the unknown weight. When the one gm-wt is 15 cm. from the pivot equilibrium is restored. What is the unknown weight ?]

[Ans. 19.25 gms]

13. ঘনত্ব কীভাবে বলে এবং উচ্চতর একক কী? ভর, আয়তন ও ঘনত্বের পারস্পরিক সংযোগ কী ?

একটি কাঠের ব্লকের দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 10 cm : উহার ভর 160 gm হইলে কাঠের ঘনত্ব কত ?

[What is density and what is its unit ? What is the relation between mass, volume and density ?]

A block of wood has length 5 cm, breadth 4 cm, and height 10 cm. If its mass is 160 gm, what is the density of wood ?]

[Ans. 0.8 gm/c.c.]

14. বস্তুর ওজন বলিতে কি বোঝ ? একটি স্থানীয় নক্সার সাহায্যে স্প্রিং তুল্যের বিবরণ দাও। স্প্রিং তুল্য ও সাধারণ তুল্যের কার্যপ্রণালীর পার্থক্য কী ?

[What do you mean by weight of a body ? Describe a spring balance with the help of a neat diagram. What is the difference in the principle of action between a spring balance and a common balance ?]

[H. S. (Comp) 1962]

15. 'বস্তুর ওজনের' সংজ্ঞা লেখ। যে-যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজন সরাসরি মাপা যায় তাহার বিবরণ দাও। যন্ত্রের একটি স্থানীয় নক্সা আঁক।

[Define 'weight of a body.' Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument.]

[H. S. Exam. 1960]

16. কোন স্থানে $g=980 \text{ cm/sec}^2$ এবং ঐ স্থানে একটি বস্তু, একটি স্প্রিং স্কেল দ্বারা 75 gms ; সেখানে $g=981 \text{ cm/sec}^2$, সেখানে বস্তুর ওজন কত হইবে ?
[At a place where $g=980 \text{ cm/sec}^2$, the weight of a body, as measured by a spring balance, is found to be 75 gms. What will be the weight of the same body at a place where $g=981 \text{ cm/sec}^2$?]

[Ans. 75.075 gms]

17. 'ডিগ্রী' এবং 'রেডিয়ান' কাকে বলে ? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? কোণিক ভাণ্ডারের বিবরণ ও ব্যবহারী ব্যাখ্যা কর ।

[What are 'degree' and 'radian' ? What is their relation ? Describe and explain the use of an angular vernier.]

[Objective type questions]

18. নিম্নে কতগুলি প্রশ্ন ও তৎসহ সত্যতা উত্তর দেওয়া হইল । যে উত্তরটি তোমার সর্বাপেক্ষা নিশ্চল মনে হইবে তাহা $\sqrt{\quad}$ চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কর ।
- কৃত্রিম দৈর্ঘ্য পরিমাপের স্বাভাবিক যন্ত্র কি ?
স্কেনোমিটার, কোর্টিক ভাণ্ডার, স্ক্রু-গেজ ।
 - 'গ্যাম প্রুটি পনগেটিমিটার' কোন বাণীর একক ?
কেন্দ্রফল, ঘনত্ব, ওজন ।
 - সবাসনি ওজন মাপ, যার কোন যন্ত্র ?
পাঁচ ভুলা, দাবাংগ যন্ত্র ।
 - সি. জি. এস পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক ক'ক ?
— ডিগ্রী, সেকেন্ডিটার, ইঞ্চি ।

প্রথম পরিচ্ছেদ (অতিরিক্ত)

বলবিদ্যার প্রাথমিক আলোচনা

(Fundamentals of Mechanics)

1. স্থিতি (Rest) ও গতি (Motion) :

আমরা আমাদের চতুর্দিকে দৃষ্টি ফিরাইলে দেখি যে কোন কোন বস্তু সচল এবং কোন কোন বস্তু স্থির। যে-বস্তু সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে স্থান হইতে স্থানান্তরে অবস্থান করে তাহাকে আমরা সচল বা গতিশীল বলি, আর যদি একই স্থানে থাকে তবে তাহাকে বলি স্থির। যেমন, গাছপালা, বাড়ীঘর আমাদের নিকট স্থির, কিন্তু চলন্ত বেলগাড়ী, ছুটন্ত ঘোড়া প্রভৃতি গতিশীল। কিন্তু একটু চিন্তা করিলে দেখা যাইবে যে বাড়ীঘর প্রভৃতি যাহাকে আমরা স্থির বলিয়া দেখি তাহা প্রকৃতপক্ষে স্থির নয়। পৃথিবী শ্রুতিমুহুর্তে প্রচণ্ডবেগে সূর্যের চতুর্দিক প্রদক্ষিণ করিতেছে। সূর্যের পৃথিবীর উপর অবস্থিত বাড়ীঘর প্রভৃতি স্থির থাকে কি কিরূপে? মনে হয় যদি অণু গ্রহে যাইতে পারে এবং তথা হইতে পৃথিবীর বাড়ীঘরগুলিকে লক্ষ্য করিতে পারে তাহা হইলে দেখিবে যে, বাড়ীঘর গাছপালা সবষ্ট ক্রমাগত ছুটিতেছে। প্রকৃতপক্ষে এহি বিধে কোন বস্তু স্থির নয় অর্থাৎ চরম (absolute) স্থিতি কি তাহা আমরা জানি না।

তবে স্থিতি বলিয়া কি কিছুই নাই? আমরা যাহাকে স্থির বস্তু বলিয়া দেখি, তাহা কি? সাধারণ ক্ষেত্রে পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি কোন বস্তু স্থান পরিবর্তন না করে তবে তাহাকেই আমরা স্থির বলি। আর পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি সে স্থান পরিবর্তন করে তবে বলি বস্তুটি গতিশীল। এই স্থিতি এবং গতিকের কথা যাইতে পারে আপেক্ষিক স্থিতি ও গতি। সূর্যের বস্তু গতিশীল কি স্থির তাহা উল্লেখ করিতে হইলে সাধারণত আমরা পৃথিবীকে স্থির মনে করিয়া বস্তুর আপেক্ষিক (relative) গতি ও স্থিতি উল্লেখ করিয়া থাকি।

* পাঠ্যক্রম অনুযায়ী বলবিজ্ঞান একাদশ শ্রেণীর অন্তর্গত। কিন্তু সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান—
দশম ও দশম শ্রেণীর পাঠ্য—তাহা; বুদ্ধিবৃত্তির জটিল বলবিজ্ঞানের প্রাথমিক জ্ঞান প্রয়োজন।
এই ছাত্রদের সুবিধার্থে এই পরিচ্ছেদে উহা যুক্ত করা হইল।

2. চলন (Translation) ও ঘূর্ণন (Rotation):

গতি দুই প্রকারের হইতে পারে। - যথা :—(1) চলন ও (2) ঘূর্ণন। যখন কোন বস্তু সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে তখন তাহার গতিকে **চলন** বলা হয়। যেমন, একটি পাথরকে কিছু উঁচু হইতে ফেলিয়া দিলে, পাথরটি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া পড়ে। সুতরাং পড়ন্ত পাথরটির গতিকে চলন বলা যাইবে।

কিন্তু যদি কোন বস্তু কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের চতুর্দিকে চক্রাকারে (circular) পরিভ্রমণ কবে, তবে তাহার গতিকে বলা হইবে **ঘূর্ণন**। চলন্ত সাইকেলের চাকার গতি, বৈদ্যুতিক পাখার গতি প্রভৃতি ঘূর্ণনের উদাহরণ।

চলন ও ঘূর্ণনের সমন্বয়ে বস্তুর গতি জটিল হইতে পারে। কিন্তু যত জটিলই হউক না কেন, প্রত্যেক জটিল গতি চলন ও ঘূর্ণনের মিশ্রণে হইতেছে তাহা প্রমাণ করা যায়।

3. চলন সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির সংজ্ঞা :

(ক) **সরণ (Displacement)** : কোন বস্তু যদি একটি নির্দিষ্ট সময়ে এবং একটি নির্দিষ্ট দিকে স্থান পরিবর্তন করে তবে সেই পরিবর্তনকে **সরণ** বলা হয়। বস্তুটির প্রথম এবং শেষ অবস্থানের ভিতর যে রৈখিক দূরত্ব (linear distance) তাহাই বস্তুর সরণের পরিমাপ।

(খ) **ক্রান্তি (Speed)** : অবস্থান পরিবর্তনের হারকে (rate) **ক্রান্তি** বলে। অর্থাৎ কোন বস্তু এক সেকেন্ডে যতটা দূরত্ব যায় তাহাই বস্তুটির ক্রান্তি। ক্রান্তি বলিতে কোন রকম দিক নির্দেশের প্রয়োজন নাই ; বস্তুটি সরল অথবা বক্র পথে যাইতে পারে।

(গ) **বেগ (Velocity)** : বেগ আমাদের একটি আত সাধারণ অভিজ্ঞতা। আমরা আমাদের চতুর্দিকে অসংখ্য বিভিন্ন রকমের বেগবান বস্তু দেখিতে পাই। একটি মোটর গাড়ী বাস্তব দিয়া তীব্র বেগে চলিয়া যায়। কিন্তু ঘোড়ার গাড়ী বা রিক্সা অত বেগে যায় না।

রেলগাড়ী যখন কোন স্টেশনের কাছে আসে তখন উহার বেগ আন্তে আন্তে কমিতে থাকে, আবার স্টেশন ছাড়িয়া গেলে বেগ বাড়িতে থাকে।

একটি বল দোতলার সিঁড়ির উপর দিয়া ছাড়িয়া দাও। বলটি সিঁড়ি দিয়া গড়াইতে গড়াইতে নীচে পড়িবে। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, বলটি যত নীচে নামতেছে তত উহার বেগ বাড়িতেছে।

চালু পাহাড়ের গা দিয়া পাথর গড়াইয়া দিলে উহা ক্রমশ নীচের দিকে পড়িবে এবং ক্রমশ উহার বেগ বাড়িবে।

এইগুলি সবই বেগের উদাহরণ। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, কোন বস্তু যদি এমনভাবে চলে যে কোন নির্দিষ্ট সময়ে উহা একটি বিশেষ অভিমুখে নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে তবে ঐ বস্তুর একটি বেগ আছে। যেমন, কোন ট্রেন যদি সর্বদা নির্দিষ্ট দিকে এক ঘণ্টায় 50 মাইল দূরত্ব অতিক্রম করে তবে উহার বেগ হইবে ঘণ্টায় 50 মাইল।

বেগের একক : এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল foot per second এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল centimetre per second.

(ঘ) ত্বরণ (Acceleration)

যদি কোন বস্তুকণা ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলে তবে উহার বেগ পরিবর্তনের হারকে বলা হয় ত্বরণ।

ধব, কোন মুহূর্তে একটি বস্তুকণার বেগ সেকেন্ডে 32 ft, 10 সেকেন্ড সময় পবে উহার বেগ হইল সেকেন্ডে 52 ft. আরো 10 সেকেন্ড সময় পবে উহার বেগ দেখা গেল প্রতি সেকেন্ডে 72 ft. এবং উহা এইরূপ ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলিল। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 10 সেকেন্ড সময় পব পর বস্তুকণাটির 20 ft. per second পরিমাণ বেগ পরিবর্তিত হইতেছে। তাহা হইলে উহার বেগ পরিবর্তনের হার প্রতি সেকেন্ডে $= \frac{20}{10} = 2$ ft. per second ; সুতরাং ইহাই বস্তুকণার ত্বরণ।

এখানে একটি জিনিস লক্ষ্য করিবে যে ‘প্রতি সেকেন্ডে’ (per second) কথাটি দুইবার আসিবে। একবার বেগ বুঝাইবার জ্ঞাত এবং অপরবার বেগ পরিবর্তনের হার বুঝাইবার জ্ঞাত। এইজ্ঞাত ত্বরণের একক বলিতে ‘বর্গ সেকেন্ডে’ বা ‘per second per second’ কথা ব্যবহৃত হয়।

ত্বরণের একক : এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল ‘foot per second per second’ এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল ‘centimetre per second per second’.

(ঙ) মন্দন (Retardation) : যদি কোন বস্তুকণা ক্রমহ্রাসমান বেগ লইয়া চলে তবে তাহার বেগ পরিবর্তনের হারকে মন্দন বলে। মন্দনকে আমরা ঋণাত্মক (negative) ত্বরণও বলিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি বস্তুকণার কোন এক সময়ের বেগ দেখা গেল সেকেন্ডে 32 ft. ; 2 সেকেন্ড পর তাহার বেগ হইল সেকেন্ডে 28 ft. এবং আরো দুই সেকেন্ড সময় পর তাহার বেগ কমিয়া গাঁড়াইল সেকেন্ডে 24 ft. ; এই রকম বেগ কমিতে থাকিলে বলা হয় বস্তুটির মন্দন হইতেছে। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 2 সেকেন্ড সময় পরপর বস্তুটির বেগ কমিতেছে 4 ft. করিয়া। সুতরাং প্রতি সেকেন্ডে তাহার বেগ পরিবর্তিত হইতেছে $\frac{1}{2} = 2$ ft. প্রতি সেকেন্ডে। অর্থাৎ তাহার মন্দনের পরিমাণ প্রতি বর্গ সেকেন্ডে 2 ft.

4. নিউটনের গতিসূত্র (Newton's laws of motion) :

নিউটনের গতিসূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, কিভাবে বস্তু চলিতে আরম্ভ করে অথবা তাহার গতি আবদ্ধিত বা মন্দীভূত হইতে পারে। আমরা জানি কোন স্থির বস্তুকে গতিশীল করিতে হইলে বাহির হইতে তাহার উপর কিছু আরোপ করিতে হয়। যেমন, একটি বলকে ধাক্কা দিলে বলটি চলিতে আরম্ভ করে। এই যে বাহির হইতে ধাক্কা দেওয়া হইল, বিজ্ঞানের ভাষায় ইহাকে বলা হল বল (force) প্রয়োগ করা হইল। নিউটনের গতিসূত্র হইতে বস্তুর ভর, উহাব গতি এবং উহাব উপর প্রদত্ত বলের ভিতর সম্বন্ধ বাহির করা যায়।

প্রথম সূত্র : বাহির হইতে প্রযুক্ত (externally impressed) বল দ্বারা অবস্থা পরিবর্তন না করিলে, অচল বস্তু চিরকাল অচল অবস্থাতেই থাকিবে এবং সচল বস্তু সমবেগে সরলবেগে অবলম্বন করিয়া চিরকাল চলিতে থাকিবে।

[Everybody continues in its state of rest or uniform motion in a straight line except in so far as it be compelled by external impressed force to change that state.]

দ্বিতীয় সূত্র : কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে প্রযুক্ত হয় ভরবেগের পরিবর্তনও সেই-দিকে ঘটে।

[Rate of change of momentum is proportional to the impressed force and takes place in the direction in which the force acts.]

তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

[To every action there is an equal and opposite reaction.]

5. প্রথম সূত্রের আলোচনা :

প্রথম সূত্র হইতে আমরা নিম্নলিখিত দুইটি বিষয় জানিতে পারি।

(1) পদার্থের জড়তা (Inertia of matter) এবং (2) বলের সংজ্ঞা।

পদার্থের জড়তা : প্রথম সূত্রে এই কথা বলা হইয়াছে যে, কোন জড় বস্তু যদি স্থির থাকে তাহা হইলে তাহার ধর্ম হইল চিহ্নিত স্থির থাকা এবং যদি গতিশীল হয় তবে তাহার ধর্ম হইল চিহ্নিত সমবেগে সৰলবেগীয় গতি বজায় রাখা, পদার্থের এই ধর্ম অর্থাৎ যে অবস্থায় তাহাকে রাখা হইল সেই অবস্থাকে বজায় রাখা চেষ্টা—এই ধর্মকেই বলে পদার্থের জড়তা। সুতরাং জড়তাকে দুই ভাগে ভাগ করিয়া বলা যাউতে পারে, (1) স্থিতি জড়তা (inertia of rest) এবং (2) গতি জড়তা (inertia of motion)।

স্থিতি জড়তা সম্বন্ধে দাবা কবা কিছু কঠিন নয়। কারণ আমাদের প্রতিদিনের অভিজ্ঞতাই হউল এই যে কোন বস্তুকে কোথাও যদি রাখি তবে যতক্ষণ গর্ভস্ত না তাহাকে দাবা দেওয়া হইতেছে বা ঠেলা দেওয়া হইতেছে—অর্থাৎ বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হইতেছে ততক্ষণ পর্যন্ত সে ঐ জায়গাতেই থাকিবে। হঠাৎ বস্তুটি চলিতে আরম্ভ কবে না। সুতরাং সাধারণ বুদ্ধি দ্বারা স্থিতি জড়তা বোঝা খুবই সহজ।

কিন্তু কোন বস্তুকে যদি মাটিতে গড়াইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। তাহা হইলে বস্তুটি চিহ্নিত গতিশীল হইল কোথায় ? গতি জড়তার সত্যতা প্রমাণিত হইল কিরূপে ? এখানে একটা কথা আমরা ধরি নাই। সেটা হইতেছে এই যে, বস্তুটি মাটিতে গড়াইবার সময় বাহ্যিক বলের দ্বারা প্রভাবিত হইতেছে। মাটির সহিত ঘর্ষণজাত বল, হাওয়ার দ্বারা বাধা-প্রাপ্ত হওয়ার বল প্রভৃতি বস্তুর উপর কাজ করে বলিয়া বস্তুটি কিছুক্ষণ পবে থামিয়া যায়। মাটিতে একটি বল গড়াইয়া দিলে বলটি যতদূর যাউবে মশণ মেঝে বা বরফের উপর তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী দূর যাউবে। কারণ মশণ মেঝে বা বরফে ঘর্ষণজাত বাধা মাটি অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং এই সব বাহ্যিক বল সম্পূর্ণ অপসারিত করিলে বস্তুটি সর্বদা গতি বজায় রাখিবে। এই ভাবে আমরা গতিজড়তা ধারণা করিয়া লইতে পারি।

(ক) যখন যাত্রীসহ কোন স্থির গাড়ী হঠাৎ বেগে চলিতে আরম্ভ করে তখন প্রত্যেক যাত্রীই পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে। ইহা স্থিতি জাড়োর একটি দৃষ্টান্ত। গাড়ী যতক্ষণ স্থির ততক্ষণ যাত্রীর দেহও স্থির। হঠাৎ গাড়ী চলিলে যাত্রীব দেহের নিম্নাংশ গাড়ীর সহিত সংলগ্ন বলিয়া গতিশীল হয় কিন্তু উপরীংশ স্থিতি জাড়োর দরুন স্থির থাকিতে চেষ্টা করে। ফলে যাত্রী পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে।

(খ) ক্যাবম খেলিতে গিয়া তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে দুইটি ঘুঁটি একটি আব একটির উপর থাকিলে তলার ঘুঁটিটিকে ষ্ট্রাইকার দিয়া সজোরে আঘাত করিলে তলার ঘুঁটিটি সরিয়া যায় কিন্তু উপরের ঘুঁটিটি না সরিয়া টুপ করিয়া তলার ঘুঁটিব জায়গা দখল কবে। ইহাও স্থিতিজাড়োর উদাহরণ। আঘাত খুব জোরে এবং অল্প সময়ের মধ্যে হওয়ার ফলে উপরের স্থিৰ ঘুঁটির স্থিতিজাডা নষ্ট হয় না—উহা স্থিরই থাকে কিন্তু নীচেব ঘুঁটি সরিয়া যাওয়ায় উহা ঐ স্থান অধিকার করে, একটুও পাশে সরিয়া যায় না।

(গ) যখন চলন্ত গাড়ী হইতে কোন আবোহী অসাবধানে নামে তখন তাহাকে সামনেব দিকে পড়িয়া বাইতে দেখা যায়। ইহা গতিজাড়োব দৃষ্টান্ত। চলন্ত গাড়ীতে থাকাব ফলে আবোহীর সমস্ত দেহই গতিশীল। কিন্তু মাটিতে পা দিবার সঙ্গে সঙ্গে তাহাব দেহেব নিম্নাংশ স্থির হয় কিন্তু গতিজাড়োর দরুন দেহেব উপরীংশ গতি বজায় রাখিতে চেষ্টা কবে। ফলে, সন্মুখের দিকেন দাকি সামলাইবার জন্ত তাহাকে পিছনের দিকে নুঁকিতে দেখা যায়।

(ঘ) চলন্ত গাড়ীব কামবার কোন আয়োহী যদি একটি বলকে সোড় উপবেব দিকে ছুঁড়িয়া দেয় তবে কিছুক্ষণ পবে বলটি আবার তাহার হাতে আসিয়া পড়ে, যদিও ইতিমধ্যে আবোহী সামনের দিকে খানিকটা আগাইয়া যায়। ইহাও গতিজাড়োর দৃষ্টান্ত।

বলের সংজ্ঞা : প্রথম সূত্র হইতে আমরা ইহাও জানিতে পারি যে, কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করিতে হইলে বাহিব হইতে বস্তুটির উপর কিছু আবেপ করিতে হয়। স্থির বস্তুকে সচল করিতে বা সচল বস্তুকে স্থির অবস্থায় আনিতে অথবা জোরে কিংবা আন্তে চালাইতে হইলে বাহ্যিক কিছু প্রয়োগ না করিলে হয় না। বস্তু আপনা হইতে চলিতে পাবে না বা স্থির হইতেও পারে না। বাহির হইতে যাহা প্রয়োগ করিয়া বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করা হয় বা পরিবর্তন করিবার চেষ্টা করা হয় তাহাকেই বল বলে।

৪. বল আলোচনা :

দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা বলের পরিমাপ এবং বল ও ত্বরণের বা মন্দনের সম্বন্ধ নির্ণয় করিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র আলোচনা করার পূর্বে ভরবেগ (momentum) সম্বন্ধে কিছু বলা প্রয়োজন।

ভরবেগ : ভর ও বেগের সমন্বয়ে কোন গতিশীল বস্তুতে যে-ধর্মের উৎপত্তি হয় তাহাকে ভরবেগ বলে। এবং উহা বস্তুব ভর ও বেগের গুণফলের সমান। যদি কোন বস্তুব ভর 'm' এবং বেগ হয় 'u', তবে উহার ভরবেগ = $m \times u$.

বলের পরিমাপ ও $P = mf$ সমীকরণ :

মনে কব, কোন বস্তুব ভর 'm' এবং উহা 'u' বেগে চলিতেছে। এখন 't' সময় ধরিয়া বস্তুর উপর যদি P-বল প্রয়োগ করা হয় তবে উহার বেগ পরিবর্তিত হইবে। ধরা যাউক 't' সময় পবে উহার বেগ হইল 'v'.

সুতরাং বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন = $mv - mu$

$$\begin{aligned} \text{অর্থাৎ, ভরবেগের পরিবর্তনের হার} &= \frac{mv - mu}{t} = \frac{m(v - u)}{t} \\ &= m \left[\because \text{ত্বরণ } f = \frac{v - u}{t} \right] \end{aligned}$$

এখন, দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

$$P \propto \text{ভরবেগের পরিবর্তনের হার}$$

$$\text{সুতরাং } P \propto m f$$

$$\text{অতএব } P = K m f \quad [K \text{ একটি ধ্রুবক}]$$

এখন, যদি আমরা ধরিয়া লই যে একক ভরের উপর একক ক্রিয়া করিয়া একক ত্বরণ সৃষ্টি করিতে পারে যে-বল, তাহা হইবে একক, অর্থাৎ $P = 1$, যখন $m = 1$ এবং $f = 1$, তাহা হইলে $K = 1$.

বলের এককের উপযুক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী আমরা দেখিতে পাইতেছি $P = mf$. অর্থাৎ **বল = ভর \times ত্বরণ**

উহাট বলের মান নির্দেশক সমীকরণ।

উল্লিখিত সমীকরণ হইতে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারি :

(ক) যদি কোন বল কোন ভর m-এর উপর ক্রিয়া করিয়া f ত্বরণ সৃষ্টি কবে, তবে,

$$\text{বলের পরিমাণ} = \text{ভর } (m) \times \text{ত্বরণ } (f).$$

(খ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভর m -এর উপর এমন ভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ একই, তবে বস্তুটির গতি ত্বরান্বিত হইবে এবং ত্বরণ $f = \frac{P}{m}$

(গ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভর m -এর উপর এমনভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ বিপরীত তবে বস্তুটির গতি মন্দীভূত হয় এবং মন্দন $f = -\frac{P}{m}$

বিভিন্ন পদ্ধতিতে বলের একক (Units of force in different systems): সি. জি. এস. পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় ডাইন (Dyne)—ইহা এমন বল যে এক গ্রাম ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গ সেকেন্ডে এক সেন্টিমিটার ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এক পি. এস. পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় পাউণ্ডাল (poundal)। ইহা এমন বল যে এক পাউণ্ড ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গসেকেন্ডে এক ফুট ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এই দুই একক-কে অর্থাৎ ডাইন ও পাউণ্ডালকে চরম (absolute) একক বলে।

7. তৃতীয় সূত্রের আলোচনা:

দুই ঘাউক A এবং B দুইটি বস্তু। যদি A বস্তু B -র উপর বলপ্রয়োগ করে তাহা হইলে তৃতীয় সূত্রানুযায়ী B বস্তু A -র উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করিবে। A -র দ্বারা প্রযুক্ত বলকে যদি ক্রিয়া বলা যায় তাহা B -র দ্বারা প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বলা হইবে। এই নিয়ম যে-কোন দুইটি বস্তুই বেলাতেই পাটিবে—বস্তু দুইটি সচল কি নিশ্চল হউক, সংস্পর্শে থাকুক কি না থাকুক। ইহাব বহু দৃষ্টান্ত আমাদের প্রতিনিয়ত দৃষ্টিগোচর হয়।

যেমন, যখন কোন আবোহী নৌকা হইতে লাকাইয়া তীরে পৌছায় তখন নৌকাটি পিছনে হটয়া যায়। আরোহী নৌকার উপর যে-বল প্রয়োগ করে তাহার ফলে নৌকাটি পিছনে সবে এবং নৌকা আরোহীর উপর যে-সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে তাহার ফলে আবোহী তীরে পৌছায়।

বলবিজ্ঞানের প্রাথমিক আলোচনা

৪. চাপ (Pressure) :

প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) প্রযুক্ত বলের পরিমাণকে চাপ বলা হয়। যদি A ক্ষেত্রফলের উপর মোট P বল প্রযুক্ত হয়; তবে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর চাপ $= \frac{P}{A}$ ।

চাপের একক : সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে চাপের একক হইবে dynes / sq. cm. এবং এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে একক হইবে pounds/sq. ft.

৯. মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ (Gravitation and gravity) :

এই বিশ্বের যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পদার্থকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণের মান বস্তুকণা দুইটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional)। ইহাই নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র।

পৃথিবীর উপর বা পৃথিবীর কাছাকাছি অবস্থিত কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে অভিকর্ষ বলা হয়। এই আকর্ষণের ফলেই গাছ হইতে ফল পড়িলে ফলটি পৃথিবীর অভিমুখে দাণ্ডিত হয় বা কোন বস্তুকে পড়িতে দিলে পৃথিবীর দিকে পড়ে।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন বল যদি কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর গতি দ্ব্যর্থক হয় অর্থাৎ একটি দ্রবণ সৃষ্টি হয়। সুতরাং অভিকর্ষ বলের ক্রিয়ায় যখন কোন বস্তু পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাহারও একটি দ্রবণ হয়। এই দ্রবণকে বলা হয় অভিকর্ষজ ত্বরণ (acceleration due to gravity) এবং ইহাকে 'g' অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রমাণ করা যায় যে কোন স্থানে 'g'-এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ঐ স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-অনুপাতিক। সুতরাং দূরত্ব বাড়িলে 'g'-এর মান কমিবে এবং দূরত্ব কমিলে 'g'-এর মান বাড়িয়া যাইবে। এই কারণে ভূ-পৃষ্ঠে 'g'-এর মান পাহাড়ের উপর কোন স্থানের 'g'-এর মানের চাইতে বেশী। আবার পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়, মেরুপ্রান্ত একটু চাপা। সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে মেরুদ্বয়ের দূরত্ব নিরক্ষরেখার (equator) দূরত্বের চাইতে কম

এই কারণে যেকোনো 'g'-এর মান নিরক্ষরেখায় g-এর মান হইতে বেশী।
নিম্নে দুই পদ্ধতিতে 'g'-এর গড় মান দেওয়া হইল :—

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 981 \text{ cm/sec}^2$

এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 32 \text{ ft/sec}^2$

10. বলের অভিকর্ষীয় একক (Gravitational unit of force) :

পূর্বে বলের চরম এককের কথা বলা হইয়াছে। ইহা ছাড়াও বলের আর
একটি একক আছে। এই একক অভিকর্ষের উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া ইহাকে
অভিকর্ষীয় একক বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম গ্র্যাম-ভার (gramme-
weight)—এক গ্রাম ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত
হয় তাহাই গ্র্যামভার।

কাজেই, 1 গ্র্যাম-ভার = 1 গ্রাম $\times g = g$ ডাইন = 981 ডাইন।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম পাউণ্ড-ভার (Pound-
weight)—এক পাউণ্ড ভর সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত
হয় তাহাই পাউণ্ড-ভার।

কাজেই, 1 পাউণ্ড-ভার = 1 পাউণ্ড $\times g = g$ পাউণ্ডাল = 32 পাউণ্ডাল।

11. বস্তুর ওজন (Weight of a body) :

কোন বস্তুকে হাতেব উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি।
বস্তুটি পুর ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা। হাতেব উপর উত্থানে
বাখিতে পারি না। কেন এত বল অনুভূত হয়? কারণ, বস্তুটিকে পৃথিবী
সদৃশ আকর্ষণ করিতেছে। অর্থাৎ, এই বল অভিকর্ষ বল (force of
gravity)। কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষ বল
প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন। স্বতবাং মনে রাখিতে হইবে
যে ওজন কায়ত একটি বল।

আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে জানি,

$$\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

কাজেই, কোন বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল মাপিতে গেলে বস্তুর ভরকে
অভিকর্ষ ত্বরণ দ্বারা গুণ করিতে হইবে এবং এই অভিকর্ষ বলকেই যখন
ওজন বলা হয়, তখন বস্তুর ওজন $W = \text{ভর} \times \text{অভিকর্ষ ত্বরণ}$

$$= m \times g$$

সারসংক্ষেপ

গতি দুই প্রকার :—(ক) চলন ও (খ) ঘূর্ণন।

নিউটনের প্রথম গতি সূত্র হইতে (১) পদার্থের জড়তা ও (২) বলের সংজ্ঞা জানিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করিতে পারি এবং ভরসংক্রান্ত সমীকরণ হইল $P = mf$

বলের চব্বয় একক : (১) ডাইন এবং (২) পাউন্ডাল।

বলের অভিকর্ষীয় একক : (১) গ্রাম-ভার এবং (২) পাউন্ড-ভার।

প্রশ্নাবলী

১. নিম্নলিখিত বাণীগুলির যথাযথ সংজ্ঞা লিখ :—(১) বেগ (২) ত্বরণ (৩) মন্দন।
[Define the following quantities — (1) Velocity, (2) acceleration (3) retardation]

২. নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কর এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর।
[State Newton's laws of motion and illustrate the first and the second law]

৩. নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা করিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে প্রথম সূত্র হইতে বলের সংজ্ঞা এবং দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করা যায়।

[State Newton's laws of motion and explain how from the first law a definition of force and from the second law measurement of force may be obtained]

৪. নিউটনের গতি সূত্র হইতে $P = mf$ সর্ম্বকটি প্রমাণ কর এবং তাহা হইতে দুই পদ্ধতিতে বলের চব্বয় একক বর্ণনা কর।

[Establish the equation $P = mf$ from Newton's laws of motion and explain therefrom the absolute units of force in the two systems]

৫. বল এবং চাপের ভিত্তিক পার্থক্য কি? উভয়ের একক কত?
[What is the difference between pressure and force? What are the units of pressure?]

৬. নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র কি? অভিকর্ষ ত্বরণ কত? তাহা কি বেগ? তাহা কি দূরত্বের উপর কিরূপভাবে নির্ভর করে?

[What is Newton's Gravitational law? What do you mean by acceleration due to gravity? How does it depend upon distance?]

৭. অভিকর্ষ ত্বরণ বলিতে কি বোঝায়? সি. জি. এস. এবং এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে উহা কি একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

[What do you mean by 'acceleration due to gravity'? What are the units in which this quantity is expressed in the C. G. S. and F. P. S. systems?]

৮. বস্তুর ওজন বলিতে কি বুঝায়?

[What is meant by 'weight of a body'?]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

উদস্থিতি বিদ্যা [Hydrostatics]

2-1. সূচনা :

স্থির তরল পদার্থ কতগুলি বৈশিষ্ট্যের অধিকারী। এই বৈশিষ্ট্যগুলির আলোচনা করাই উদস্থিতি বিদ্যার উদ্দেশ্য। উদস্থিতি বিদ্যায় যে-তরলের কথা বলা হইবে এই তরল কয়েকটি গুণবিশিষ্ট। অর্থাৎ, তরলের সংনম্যতা (compressibility) থাকিবে না এবং তরল ঘর্ষণজাত (frictional) বল-প্রয়োগ করিবে না। তাছাড়া তরলের নিজস্ব আয়তন থাকে কিন্তু কোন বিশেষ আকাব থাকে না—যে-পাত্রের বাখা যায় তরল সেই পাত্রেই আকাব পরিণত হবে।

2-2. তরলের চাপ (Pressure of liquid) :

কোন বস্তুকে কোন তলের (surface) উপর রাখিলে বস্তু ঐ তলের উপর নিজেব ওজনব সমান বল প্রয়োগ করিবে। ইহাতে ঐ তল যে ঘাত (thrust) সহ্য করিবে তাহা! শুধু যে বলের উপর নির্ভর করে তাহা নয়, ঐ বস্তু ও তলের সহিত সংস্পর্শযুক্ত ক্ষেত্রফলের উপরও নির্ভর করিবে। কোন ব্যক্তি যদি আলগা বালির উপর দাঁড়াইবার চেষ্টা করে তবে তাহার পা বালির ভিতর গভীর ভাবে ঢুকিয়া যায় কিন্তু বালির উপর শুইয়া পড়িলে সমস্ত দেহ বালির ভিতর অত গভীর ভাবে ঢুকিবে না। দাঁড়াইয়া থাকিবার সময় ব্যক্তির দেহের সমস্ত ওজন তাহার পায়ের ক্ষেত্রফলের উপর পড়িতেছে, কাজেই প্রতি বর্গ ইঞ্চি বালিতে বেশী বল পড়ায় বালি বেশী পরিমাণে সবিয়া যায়। শুইয়া থাকিলে বালির উপর যে বল পড়িবে তাহা পূর্বের মত দেহের ওজনের সমান হইলেও, ঐ বল অনেকখানি ক্ষেত্রফল ব্যাপিয়া পড়িতেছে। সুতরাং প্রতি বর্গইঞ্চি বালিতে বলের পরিমাণ এক্ষেত্রে পূর্বাপেক্ষা অনেক কম হইবে। কাজেই, দেহ বালির ভিতর বেশী ঢুকিবে না।

সমতলভূমিতে মানুষ যখন হাঁটিয়া যায়, তখন ভূমির সহিত সংলগ্ন পায়ের ক্ষেত্রফলের উপর মানুষের দেহের ওজন ক্রিয়া করে। কিন্তু পাথরটুকরার উপর

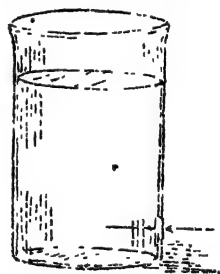
বিশেষতঃ তরল পদার্থের উপর ইটিলে পারে বেশ বাধা লাগে কারণ তখন খুব অল্প ক্ষেত্রফলের উপর বেহের ওজন ক্রিয়া করে।

সুতরাং কোন তলের উপর বলের ক্রিয়া বিবেচনা করিবার সময় সমস্ত বলের কুখা চিন্তা না করিয়া প্রাতি একক ক্ষেত্রে বলের কথা চিন্তা করিতে হইবে। ইহাকেই চাপ (Pressure) বলা হয়।

তরল পদার্থের সহিত কোন বস্তুর সংস্পর্শ ঘটিলে তরল অন্তরূপভাবে ঐ বস্তুর উপর চাপ প্রদান করিবে। প্রাতি একক ক্ষেত্রে (unit area) তরল যে বল-প্রয়োগ করে, তাহাকে তরলের চাপ বলে।

পরীক্ষা : (1) একটি লম্বা জার জলপূর্ণ কর। এখন একটি টেস্টটিউবের বন্ধমুখ নীচের দিকে করিয়া জলের ভিতর খানিকটা ডুবাও এবং পরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে টেস্টটিউবটি লাফ দিয়া জলের বাহিরে পড়িবে। টেস্টটিউবের তলায় জলের চাপ পড়ে বলিয়া এইরূপ হয়।

(2) দেওয়ালে ছিদ্র আছে এরূপ একটি পাত্রে জল ঢাল (2ক নং চিত্র)। দেখিবে ছিদ্র দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে। ছিদ্রের আকারেব সমান একটি চাক্টি ছিদ্রের মুখে রাখিয়া জল-প্রবাহ বন্ধ করা যায়। কিন্তু চাক্টিটিকে স্থির রাখিতে হইলে উহার উপর বাহির হইতে জলপ্রবাহেব বিপরীত দিকে বল-প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং ইহা হইতে বোঝা যায় যে জল পাত্রের দেওয়ালে বল প্রয়োগ করে।



চিত্র 2ক

2-3. কোন বিন্দুতে তরলের চাপ (Pressure of a liquid at a point) ও ঘাত (Thrust) :

যে-বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয় করিতে হইবে উহার চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল করিয়া একটি ছোট ক্ষেত্রফল A কল্পনা কর। যদি মনে করা যায় যে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট বল F প্রয়োগ করিতেছে, তবে ঐ বিন্দুতে তরলের চাপ হইবে $F \div A$

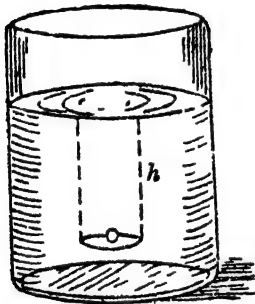
ঘাত বলিতে ঐ ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট যে বল প্রয়োগ করিতেছে, তাহাই বুঝায়। অর্থাৎ, ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল।

সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে ঘাতের একক তাইন কিন্তু চাপের একক তাইন প্রতি বর্গ সে. মি.।

এক্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ঘাতের একক পাউণ্ডাল কিন্তু চাপের একক পাউণ্ডাল প্রতি বর্গ ফুট।

2-4. তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ নির্ণয় (Calculation of pressure at a point in a liquid) :

মনে কব, একটি পাত্রে খানিকটা তরল রাখা হইল এবং তরলের ভিতর 'h' গভীরতায় একটি বিন্দু O আছে (2খ নং চিত্র)। O বিন্দুতে তরলের চাপ কত তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। O বিন্দুর চতুর্দিকে তরলের উপরতলের



চিত্র 2খ

সমান্তরাল একটি একক ক্ষেত্রফল ধরুন। কব এবং এই ক্ষেত্রফলের সীমানা হইতে কতকগুলি লম্ব তরলের উপরতল প্রস্তুতান। ইহাব ফলে তরলের একটি চোড় (cylinder) পাওয়া যাইবে। এই তরলের চোড়ের ঘাত। ওজন, ত্রাশত হইল O বিন্দুর চতুর্দিকে একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল। অর্থাৎ, এই তরল চোড়ের ওজন O বিন্দুতে তরলের চাপের সমান।

চোড়টির আয়তন $= h \times 1$ [কারণ চোড়টির গে লম্বের ক্ষেত্রফল $= 1$]

সুতরাং চোড়টির ভর $=$ আয়তন \times ঘনত্ব

$$= h \times d \quad [\text{যদি } d \text{ তরলের ঘনত্ব ধরা যায়}]$$

অর্থাৎ, চোড়টির ওজন $=$ ভর $\times g$

$$= h \times d \times g$$

সুতরাং O বিন্দুতে চাপ $P = h d g$

অর্থাৎ চাপ $=$ গভীরতা \times ঘনত্ব \times অভিকর্ষজ ত্বরণ।

অথবা, চাপ \propto গভীরতা \times ঘনত্ব [কারণ 'g' ধ্রুবক]

এই কারণে চাপকে গভীরতাব চাপা প্রকাশ করিবার একটি বিকল্প পদ্ধতি আছে। যেমন, অনেক সময় বলা হয় যে '100 ft জলের চাপ' ইহাব অর্থ যে 100 f গভীরের জলের যে চাপ হইবে তাহা।

উদাহরণ :

(1) কোন তরলের ভিতর 200 cm গভীরতায় কোন বিন্দুতে চাপ কত নির্ণয় কর। তরলের ঘনত্ব 1.03 gms/cc.

[Calculate the pressure at a point 200 cm deep in a liquid having density 1.03 gms/cc.]

উ। এখানে $h = 200$ cm. ; $d = 1.03$ gms/cc. $g = 981$ cm/sec²

নির্দিষ্ট বিন্দুতে চাপ, $P = h.d.g = 200 \times 1.03 \times 981$

$$= 202086 \text{ dynes/sq.cm.}$$

(2) একটি চোঙের ব্যাস 14 cm. ও উচ্চতা 40 cm. ; চোঙটি পারদ (ঘনত্ব 13.6 gms/cc.) দ্বারা পূর্ণ করিলে উহা তলদেশে কত ঘাত পড়িবে ?

[The diameter of a cylinder is 14 cm and its height 40 cm. If the cylinder is full of mercury (density = 13.6 gms/cc.) what is the thrust on the bottom of the cylinder ?]

উ। চোঙটির তলদেশে যে-কোন বিন্দুতে চাপ

$$P = h.d.g = 40 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes/sq cm.}$$

$$\text{চোঙটির তলদেশের ক্ষেত্রফল} = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 7 \times 7 = 154 \text{ sq.cm.}$$

$$\text{সুতরাং, তলদেশে ঘাত} = \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল}$$

$$= 40 \times 13.6 \times 981 \times 154 \text{ dynes.}$$

$$= 82184256 \text{ dynes.}$$

(3) একটি নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 8 sq cm. এবং উহাতে এমনভাবে দীসা ভর্তি করা হইল যে নলের মোট ওজন হইল 40 gm. তলের ভিতর ঐ নলটি কত গভীরতায় পৰ্যন্ত ডুবিয়া যাইবে ? কোন তরলে উহা 25 cm ডুবিয়া গেলে ঐ তরলের ঘনত্ব কত ?

[A tube whose area of cross-section is 8 sq.cm. is loaded with lead shots till its total weight is 40 gms. To what depth will it sink in water and what is the density of a liquid to which it sinks to a depth of 25 cm ?]

$$\text{উ। নল কর্তৃক প্রদত্ত চাপ} = \frac{\text{ওজন}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{40}{8} = 5 \text{ gms-wt per sq.cm.}$$

$$\text{এখন, গভীরতা} = \frac{\text{চাপ}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ জলে নলটি 5 cm ডুবিয়া যাইবে।

দ্বিতীয় তরলের বেলাতে, ঘনত্ব = $\frac{\text{চাপ}}{\text{গভীরতা}} = \frac{5}{2.5} = 2 \text{ gms/c.c.}$

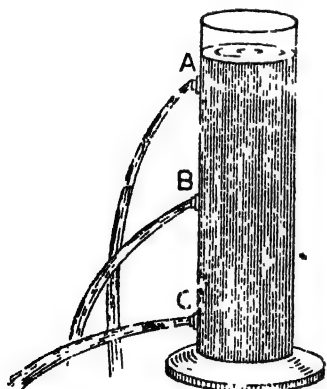
অর্থাৎ ঐ তরলের ঘনত্ব = 2 gms/c.c.

2-5. তরলের চাপের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য (Some characteristics of liquid pressure) :

(ক) স্থির তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে (Pressure at a point within a liquid at rest, depends on the depth of the point) :

তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করিতে গিয়া আমরা দেখিয়াছি যে চাপ গভীরতার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গভীরতা বাডিলে চাপ বাড়বে এবং গভীরতা কমিলে চাপ কমবে। ডুবুঝীরা যখন সমুদ্রে ডুব দেয়, তখন যত তলায় যায়, তত বেশী চাপ অনুভব করে। ইহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা বুঝানো যাইবে।

পরীক্ষা : একটি লম্বা চোঙের গায়ে পরপর তিন-চারটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রগুলি মোন খাওয়া আটকাইয়া দাও। চোঙটি কোন তরল—যদি জল দ্বারা পূর্ণ কর। এখন একটি পিন দিয়া তাড়াতাড়ি একই সঙ্গে যেমামগুলি



জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়
চিত্র 2গ

ছিদ্র করিয়া দাও। দেখাবে ছিদ্র দিয়া জলের ধারা বাহির হইয়া আসিতেছে এবং সব চাইতে তলায় ছিদ্র C দিয়া জল সবাপেক্ষা দূরে যাইতেছে (2গ নং চিত্র), এবং সব চাইতে উপরের ছিদ্র A দিয়া জল সবাপেক্ষা কম দূরে যাইতেছে। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে C বিন্দুতে জলের চাপ সবাপেক্ষা বেশী এবং A বিন্দুতে সবাপেক্ষা কম, অর্থাৎ জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

তাছাড়া, ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রতি ছিদ্র দিয়া জলধারা পাত্রের দেওয়ালের সহিত লম্বভাবে নির্গত হইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে

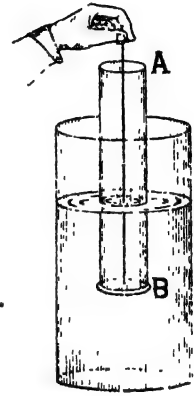
উদ্বিগ্নতা বিজ্ঞান

তরল দেওয়ালের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা দেওয়ালের সহিত লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

জলের চাপ গভীরতার সঙ্গে বৃদ্ধি পায় বলিয়া জলের বাঁধ (dam) নির্মাণ করিবার সময় বাঁধের শীর্ষদেশ অপেক্ষা তলদেশ বেশী পুরু করিয়া তৈয়ারী করিতে হয়।

(খ) কোন বিন্দুতে স্থির তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান (Liquid, at rest, exerts pressure in vertically upward and downward directions at a point within it and they are equal):

পরীক্ষা: একটা মোটা কাচের পাত্র আধা-আধি জলপূর্ণ কর। একটি ডুমুখ থোলা কাচের চোঙ A লও ও আংটাযুক্ত একটি দাতব চাকতি B লও যাহা A চোঙটির মুখ নিশ্চিহ্নভাবে (water-tight) বদ্ধ করিতে পাবে। আংটার সহিত একগাছা সূত। আটকাও যাহাতে সূতাটি টানিয়া B চাকতিটি A-চোঙের মুখে লাগানো যায়। এইভাবে A-চোঙটির মুখ বদ্ধ করিয়া চোঙটি জলের ভিতর থানিকটা ডুবাইয়া সূতাটি ছাড়িয়া দাও (2য় নং চিত্র)। দেখিবে B-চাকতিটি পড়িয়া যাইবে না। কেন পড়িবে না? কারণ চাকতিটির নীচের জল চাকতির উপর উর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছে। ইহা দ্বারা প্রমাণ হয় জলের উর্ধ্বচাপ আছে।



কোন বিন্দুতে জলের
উর্ধ্ব চাপ ও নিম্নচাপ সমান
চিত্র 2খ

এখন আন্তে আন্তে A চোঙটির ভিতর জল ঢাল। জল একটু রঙিন করিয়া লইলে ভাল হয়। দেখিবে যে চোঙের ভিতরকার জলের তল (level) এবং বাহিরের জলের তল যতক্ষণ সমান না হইবে B-চাকতি ততক্ষণ পড়িবে না। যেট দুই তল সমান হইবে (চোঙের ভিতরকার জল রঙিন বলিয়া বুঝিতে সুবিধা হইবে) তখনই চাকতি পড়িয়া যাইবে। ইহার দ্বারা বোঝা যাইতেছে B-চাকতির উপর জলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান হইল এবং চাকতিটি নিজের ভারে পড়িয়া গেল। অর্থাৎ, কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

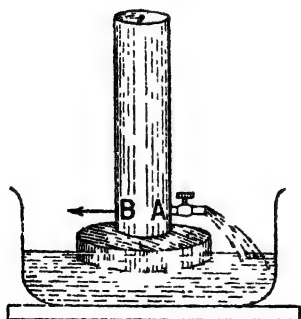
(গ) স্থির তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে (Liquid at rest, exerts sideway or lateral pressure) :

তরলের পার্শ্বচাপের দৈনন্দিন উদাহরণ খুব বিরল নয়। যখন হোসপাইপ দ্বারা রান্নার জল দেওয়া হয় তখন পাইপের গায়ে ছিদ্র থাকিলে দেখা যায় যে সেই ছিদ্র দিয়া স্ফূৰ্ত্ত জলধারা জোরে বাহির হইয়া আসিতেছে। ইহার কারণ জল পাইপের গায়ে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

নৌকার গায়ে ফুটা থাকিলে ঐ ফুটা দিয়া জল নৌকায় প্রবেশ করে ইহা তোমরা অনেক দেখিয়াছ। ইহারও কারণ পার্শ্বচাপ।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে তরলের পার্শ্বচাপ দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা : একটি খুব পাতলা ধাতব চোঙ লইয়া উহার নিম্ন প্রান্তের কাছাকাছি গায়ে একটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রটি প্যাচকল দিয়া খোলা বা বন্ধ করিবার ব্যবস্থা কর। চোঙটি নিশ্চিহ্নভাবে (water tight) একটি পাতলা কর্কের উপর বসান এবং সমগ্র জিনিসটি জলের উপর ভাসাইয়া রাখ। এখন আন্তে আন্তে চোঙ জলপূর্ণ কর। দেখিবে চোঙটি এক জায়গায় স্থির হইয়া ভাসিবে। অতঃপর খুব সাবদানে প্যাচকল খুলিয়া দাও। দেখিবে কলের মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে কিন্তু সমগ্র জিনিসটি জলপবাহের বিপরীত দিকে (তীব্রচিহ্নের দিকে) আন্তে আন্তে সরিয়া যাউতেছে (চিত্র ২৬)। উহার কারণ জলের পার্শ্বচাপ।



তরল প.চাপ প্রয়োগ করবে

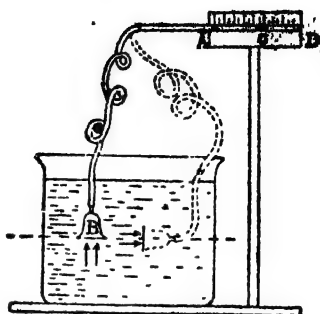
চিত্র ২৬

তলে অসম (unbalanced) চাপ ক্রিয়া করাব ফলে সমগ্র জিনিসটি AB অভিমুখে আন্তে আন্তে সরিয়া যাউবে।

যখন প্যাচকল বন্ধ ছিল তখন জল চোঙের গায়ে সমস্ত সমান ভাবে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছিল এবং যেকোন তলে (level) এই পার্শ্বচাপ সমান ও বিপরীত বলিয়া চোঙটি স্থির ছিল। কিন্তু যেই প্যাচকল খুলিয়া দেওয়া হইল অমনি খোলা মুখ দিয়া জল বাহির হইতে লাগিল। ফলে A বিন্দুতে জলের পার্শ্বচাপ রহিল না কিন্তু বিপরীত বিন্দু B-তে চাপ ঠিকই বহিল। সুতরাং AB

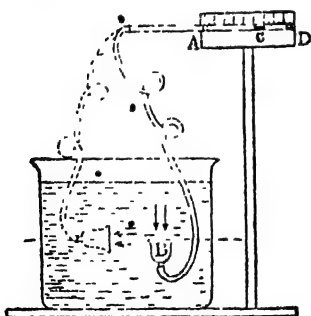
(ক) স্থির তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে (Liquid, at rest, exerts pressures at a point within it in all directions with equal magnitude) :

B-একটি কাচের ফানেল। উহার মুখ পাতলা রবার দ্বারা আটকানো। ফানেলটি সরু ছিদ্রবিশিষ্ট কাচের নল A-র সহিত রবার টিউব দিয়া সংযুক্ত। কাচের নলটি অভ্যুভূমিক অবস্থায় একটি ফ্রেমে (D) আটকানো এবং ফ্রেমটির সঙ্গে একটি স্কেল লাগানো আছে। A নলটির ভিতর এক ফোঁটা রঙিন জল (ছবিতে c) রাখা আছে। উহা সূচকের (index) কাজ করিবে (2চ নং চিত্র)।



তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চতুর্দিকের চাপ সমান
চিত্র 2চ

একটি গভীর পাত্র জলপূর্ণ কর। ফানেলটির মুখ নিম্নাভিমুখী করিয়া জলের ভিতরে প্রবেশ কর। দেখিবে সূচকটি ডানদিকে সরাইয়া গিয়াছে। ফানেলটির মুখে জলের উন্নীচাপ পড়ায় ফানেল ও রবার টিউবের ভিতরস্থ বায়ু সংকুচিত হইয়া রঙিন জলের ফোঁটাকে চাপ দিয়া সরাইয়া দেয়। ইহা দ্বারা জলের উন্নীচাপ দেখান হইল।



এক অভ্যুভূমিক তরলে সকল বিন্দুতে চাপ সমান
চিত্র 2ছ

এখন ফানেলটির মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া উপবে, নীচে, পার্শ্বে, চতুর্দিকে ঘুরাও (2চ ও 2ছ নং চিত্র)। দেখিবে সূচকটি একই জায়গায় স্থির হইয়া আছে। ইহাব দ্বারা প্রমাণ হয় যে, তরলের অভ্যন্তরস্থ কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমানভাবে চাপ প্রয়োগ করে।

ইহা ছাড়া যদি ফানেলের মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া ডান দিকে বা বাম দিকে সরানো যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচকের কোন স্থান পরিবর্তন হইতেছে

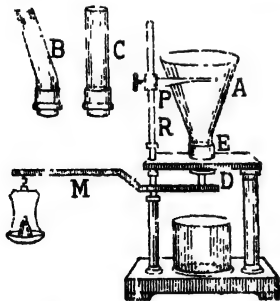
না। ইহা প্রমাণ করে যে, যে-কোন অক্ষত্বমিক তলে (horizontal level.)
সর্বত্র তরলের চাপ সমান।

(৬) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে যাত তরলের উচ্চতা
ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

(Thrust exerted by a liquid on the base of a vessel depends
upon the area of the base and the height of the liquid) :

কোন পাত্র জলপূর্ণ করিলে পাত্রের তলদেশে যে-যাত পড়ে তাহা মোট
জলের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, তলদেশের ক্ষেত্রফল ও জলের
উচ্চতার উপর নির্ভর করে। প্রথমত এই ব্যাপার অবিস্মিত বলিয়া মনে
হয়, কারণ স্বভাবতই আমরা ধরিয়া লই যে, মোট জলের পরিমাণের উপর
যাত নির্ভর করা উচিত। এইজন্য এই ব্যাপারটিকে **উদ্বৈতিক কূট**
(Hydrostatic Paradox) বলে।

পরীক্ষা : A, B, C কতকগুলি হুমুখ-খোলা ভিন্ন আকার ও আয়তনের
পাত্র, কিন্তু ইহাদের ভূমি (base) প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) সমান।
ইহাদের বলা হয় পাকালের পাত্র। ইহাদের প্রত্যেককেই একটি পাটাতনের
উপর আটকানো প্যাচ E-এর সহিত লাগানো যায়। প্যাচ E-এর মুখে
ক্ষেত্রফল পাত্রগুলির ভূমির প্রস্থচ্ছেদের সমান। D একটি ধাতব চাকতি।
ইহা প্যাচ E-এর মুখ বন্ধ করিতে পারে। একটি দণ্ডের (M) এক প্রান্তে এই
চাকতিটি আটকানো এবং অন্য প্রান্তে একটি তুলাপাত্র ঝুলানো আছে। P
একটি সূচক যাহা R-দণ্ডটি বাহিয়া উঠানো
বা নামানো যায় (২য় নং চিত্র)।



উদ্বৈতিক কূট পরীক্ষা

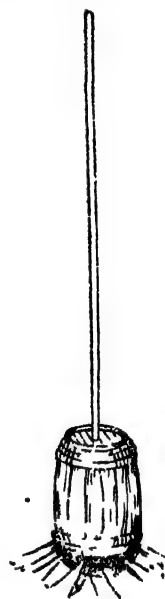
চিত্র ২জ

এখন A পাত্রটিকে E প্যাচে আটকাইয়া
দাও। তুলাপাত্রে কিছু ওজন বাধ যাহাতে
D চাকতিটি প্যাচের মুখ আটকাইয়া থাকে।
A পাত্রটিতে আস্তে আস্তে জল ঢাল। D
চাকতির উপর ক্রমশ জলের যাত বাড়িবে
এবং যখন যাত তুলাপাত্রে রক্ষিত ওজনের
সামান্য বেশী হইবে তখন চাকতিটি নিজের
ভারে আলগা হইয়া যাইবে এবং ফাঁক দিয়া জল পড়িয়া যাইবে। সূচক
P-দ্বারা, A পাত্রে জলের উচ্চতা নির্ণয় করিয়া রাখ। A-পাত্রটি সরাইয়া

একে একে B এবং C পায়ে প্যাঁচে লাগাও। দেখিবে B এবং C পায়ে জলের উচ্চতা যখন সূচক-নির্দিষ্ট আগেকার উচ্চতার সমান হইল ঠিক তখনই আবাব জল বাহির ছুটয়া পড়িল। অর্থাৎ D-চাক্তির উপর ঘাত চাক্তির ক্ষেত্রফল ও উচ্চতার উপর নির্ভর করিতেছে—মোট জলের উপর নয়। কারণ, A, B এবং C পায়ে মোট জলের পরিমাণ ভিন্ন।

পাস্কাল আব একটি সস্ত্রাব পণীক্ষা দ্বারা উপবোক্ত তথ্য প্রমাণ করিয়াছেন।

একটি কাঠের পিপা জলপূর্ণ করা হইল। জলের চাপে পিপাটি অক্ষতই বহিল। পরে একটি 30 ফুট লম্বা সফ নল পিপার মুখে লাগাইয়া তাহাতে জল ভর্তি করা হইল (2 বা ৩ চিহ্ন) ফল পিপাটি ফাটিয়া গেল যদিও খুব কম জল তালা হইল কারণ নলটি বেশ সূক্ষ্ম এবং পিপাটির



পাস্কালের বাক্স
চিহ্ন 2

নলদেশে যে ঘাত পড়িয়া এবং এমন একটি জলস্তম্ভের দ্বারাও সমান দেয়ন্তের ভূমি (base) হইলে পিপা বা বাক্সের সমান এবং উচ্চতা নল পর্যন্ত উচ্চতার সমান বাজেই ঘাত মোট জলের উপর নিতরূপে বহে না—নিভর করে উচ্চতা ও ভূমির ক্ষেত্রফলের উপর।

উদাহরণ :

(1) একটি বাঁদ 1500 ft. লম্বা এবং উচ্চ 100 ft. গভীর জলকে আটকাইয়া রাখিয়াছে। বাঁদটির উপর মোট কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে ?

[A dam is 1500 ft long and water is 100 ft deep. What is the total lateral thrust on the dam ?]

উ। এখানে বাঁদটির সর্বত্র পার্শ্বচাপ সমান হইবে না, কারণ সর্বত্র জলের গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে বাঁদটির সর্বনিম্ন বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে তাহা নির্ণয় করিয়া উহাদের গড় বাহির করিলে গড় পার্শ্বচাপ পাওয়া যাইবে। অতঃপর জল সাল

বাকের ক্ষেত্রফলকে এই গড় পার্শ্বচাপ দিয়া গুণ করিলে মোট পানির চাপের পরিমাণ বাকের পানির চাপের সমান হয়।

এখন সর্বনিম্ন বিন্দুতে জলের গভীরতা = 100 ft. সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ = $100 \times 62.5 \text{ lbs/sq. ft.}$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে জলের গভীরতা শূন্য। সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ শূন্য।

$$\text{অতএব, গড় পার্শ্বচাপ} = \frac{100 \times 62.5 + 0}{2}$$

$$= 50 \times 62.5 \text{ lbs/sq. ft.}$$

কাজেই, মোট ঘাত = ক্ষেত্রফল \times গড় পার্শ্বচাপ

$$= (1500 \times 100) \times 50 \times 62.5 \text{ lbs.}$$

$$= 46875 \times 10^4 \text{ lbs.}$$

(2) একটি ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 40 cm ; 1.2 gms/c. c. ঘনত্ব সম্পন্ন একটি তরলে ডুবানো হইল যে উহা উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। ঘনকের প্রত্যেক তলে মোট কত করিয়া ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর।

[A cube of side 40 cm is immersed in a liquid of density 1.2 gms./c. c. so that the upper face is at a depth of 30 cm. from the liquid surface. Calculate the total thrust on every surface of the cube.]

উ। ঘনকের উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। কাজেই উপরতলের প্রতি বিন্দুতে চাপ = $30 \times 1.2 \text{ gm. wt.}$

\therefore ঘনকের উপরতলে মোট ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল

$$= 30 \times 1.2 \times 40 \times 40 = 57600 \text{ gm.-wt.}$$

ঘনকের নীচের তল $(30 + 40) = 70 \text{ cm}$ গভীরতায় আছে।

কাজেই নীচের তলে প্রতি বিন্দুতে চাপ = $70 \times 1.2 \text{ gm wt.}$

\therefore ঘনকের নীচের তলে মোট ঘাত = $70 \times 1.2 \times 40 \times 40$

$$= 134400 \text{ gm.-wt.}$$

ঘনকের খাডাতলে জলের পার্শ্বচাপ পড়িতেছে। খাডাতলের প্রত্যেক বিন্দুর গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে গড় পার্শ্বচাপ বাহির করিয়া লইতে হইবে।

এখন খাড়া তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে পার্শ্বচাপ $= 30 \times 1.2 \text{ gm.-wt.}$

এবং " " সর্বনিম্ন " " $= 70 \times 1.2 \text{ " "}$

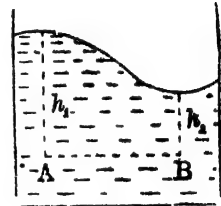
কাজেই গড় পার্শ্বচাপ $= \frac{(30 \times 1.2) + (70 \times 1.2)}{2} = 50 \times 1.2 \text{ gm.-wt.}$

\therefore খাড়া তলে মোট ঘাত $=$ গড় পার্শ্বচাপ \times খাড়া তলের ক্ষেত্রফল
 $= 50 \times 12 \times 40 \times 40 = 96000 \text{ gm.-wt.}$

2-6. স্থির তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অন্তঃস্থমিক (Free surface of a liquid, at rest, is always horizontal) :

যখন কোন পাত্রে রক্ষিত তরল স্থির থাকে তখন তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অন্তঃস্থমিক হয়।

ধরা যাক, উপরিস্থ তল অন্তঃস্থমিক নয়—বক্র (২য় নং চিত্র)। তরলের অভাঙ্গে এক অন্তঃস্থমিক তলে A এবং B দুইটি বিন্দু লও। মনে কর A-বিন্দুর গভীরতা h_1 এবং B-বিন্দুর গভীরতা h_2 ।



চিত্র ২ এ

A বিন্দুর চাপ $= h_1 d g$ [d - তরলের ঘনত্ব]

B বিন্দুর চাপ $= h_2 d g$

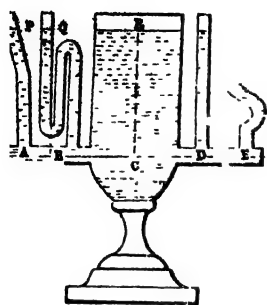
যেহেতু h_2 -র চাইতে h_1 বড়, কাজেই A বিন্দুর চাপ B বিন্দুর চাপের চাইতে বেশী। অতএব তরল স্থির থাকিতে পারবে না। A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে যাইবে। স্থির থাকিতে গেলে A এবং B বিন্দুর চাপ সমান হইতে হইবে, অর্থাৎ $h_1 = h_2$ হইতে হইবে। সুতরাং তরল স্থির থাকিলে উপরিস্থ তল অন্তঃস্থমিক হইতে হইবে।

2-7. পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায় (In a communicating vessel liquid finds its own level) :

P, Q, R, S, T প্রভৃতি বিভিন্ন আকার ও আয়তনের কতগুলি পরস্পর-সংযুক্ত পাত্র। যে-কোন একটি পাত্র, ধরা, P-তে জল ঢালিলে জল অগ্র পাত্রেও প্রবেশ করিবে এবং স্থির অবস্থায় দেখা যাইবে যে প্রত্যেক পাত্রের জলের উপরিস্থ তল একই অন্তঃস্থমিক তলে আছে (পূর্ব পৃষ্ঠায় ২ট নং চিত্র)। ইহার কারণ নিম্নে বলা হইল।

একই অন্তঃস্থমিক রেখায় প্রত্যেক পাত্রের তলদেশে A, B, C, D, E প্রভৃতি বিন্দু লও।

যেহেতু তরল স্থির, কাজেই A, B প্রভৃতি বিন্দুতে চাপ সমান। A, B, C,



পবম্পের সংযুক্ত পাত্রে তরল
একই তলে থাকে

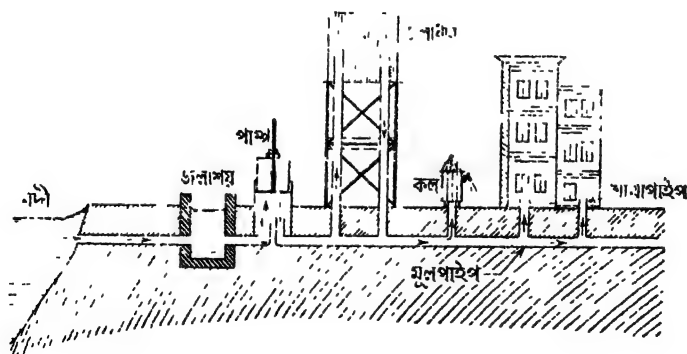
চিত্র 2ট

প্রভৃতি একই অণুভূমিক রেখায় স্থাপিত হওয়ায় উপরিস্থ তল হইতে তাহাদের গভীরতা সবই সমান হইবে। নতুবা চাপ সমান হইতে পারে না। অর্থাৎ, প্রত্যেক পাত্রের উপরিস্থ তল একই অণুভূমিক সমতলে থাকিবে। তরল একই তলে থাকিতে চায় (liquid finds its own level) — ইহা তরলের একটি বিশেষ ধর্ম।

তরল একই তলে থাকিতে চায়—এই ধর্মের ব্যবহারিক প্রয়োগ

(Practical application of the property that liquid finds its own level) :

(a) শহরে জল সরবরাহ—তরলের উপরোক্ত ধর্মের ফলে শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা সম্ভবপন্ব হইয়াছে। বড় বড় শহরে শৌখিন-প্রতিষ্ঠান দ্রুত বাড়ি বাড়ি পানীয় জল সরবরাহ করা হয়। নিকটবর্তী কোন নদী, হ্রদ বা,



শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা

চিত্র 2খ *

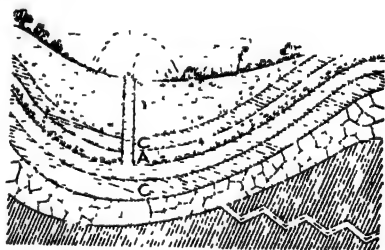
জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল একটি উঁচু জলাশয়ে জমা করা হয়। এই জলাশয়টি শহরের যে সর্বোচ্চস্থানে জল সরবরাহ করিতে হইবে তদপেক্ষা আরো উঁচু স্থানে রাখা হয় (চিত্র নং 2খ)। সেই আধাবের সহিত

পাইপ পাম্পিং করিয়া পাইপ শহরের বিভিন্ন অংশে লইয়া যাওয়া হয় এবং এই মূল পাইপ হইতে শাখা-পাইপ বিভিন্ন বাড়িতে দেওয়া হয়। যে-চাপে বাড়িতে জল সরবরাহ হয় তাহা আধারের উচ্চতার (head of water) উপর নির্ভর করে। যখন আধার হইতে জল পাইপে ছাড়া হয় তখন ঐ চাপের জন্ত জলের চেষ্টা হইবে পাইপ বাহিয়া আধারের যে তল সেই পর্যন্ত উঠিবার। সুতরাং সহজেই শহরের বাড়িতে জল সরবরাহ হইবে। জল পাইপ বাহিয়া যত উপরে উঠিবে এবং আধারের তল পর্যন্ত পৌছাইবার চেষ্টা করিবে তত জলের চাপ কমিয়া যাইবে। এই কারণে দোতলা বা তিনতলার কলে জলের যে চাপ দেখা যায় একতলার কলে তদপেক্ষা অনেক বেশী চাপ থাকে।

কলিকাতার শহরের উপকণ্ঠে টালাতে 300 ফুট উঁচু একটি জলাধার আছে। সেখান হইতে পানীয় জল শহরের বিভিন্ন অংশে সরবরাহ করা হয়।

(b) আর্টেসীয় কূপ (Artesian well) :

পৃথিবীর অভ্যন্তরে নানাবকমের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কতগুলি পাথর, স্লেট, মাটি ইত্যাদি দ্বারা গঠিত এবং ইহাদের ভিতর জল প্রবেশ করিতে পাবে না। আবার কতগুলি স্তর আছে যেগুলি কোমল এবং ইহাদের ভিতর জল সহজে চৌরাইয়া প্রবেশ করিতে পাবে। বিভিন্ন জল অথবা ভূ-পৃষ্ঠের জলাশয়, হ্রদ ইত্যাদি হইতে জল চৌচাউয়া এই সমস্ত কোমল স্তরে সঞ্চিত হয়।



আর্টেসীয় কূপ

চিত্র ২৬

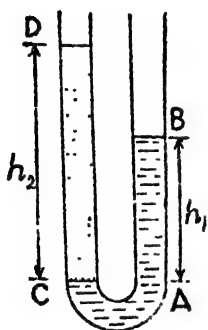
কখন কখন এমন হয় যে দুইটি কঠিন স্তরের মধ্যে (২৬ নং চিত্রে C এবং C) একটি কোমল স্তর (A) অবস্থিত থাকে এবং ইহাদের আকার অনেকটা U অক্ষের মত থাকে। ফলে এই কোমল স্তরে জল আটকা পড়িয়া যায়। এখন ভূ-পৃষ্ঠ হইতে গর্ত খুঁড়িয়া একটি নল ঐ কোমল স্তর পর্যন্ত ঢুকানিতে পারিলে নল বাহিয়া জল ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত আসিবে—কারণ জলের দরমাই তহিল এক লেভেলে আসা। সুতরাং নলের মুখ হইতে জোরে জল বাহির হইয়া আসিবে। ফ্রান্সের আতোয়া (Artois) অঞ্চলে সর্বপ্রথম এই ধরনের কূপ খনন করা হইয়াছিল এবং এই

কারণে ইহাকে আর্টেলীয় কুপ বলা হয়। সাধারণতঃ ইহা কুপ খনন করিয়া জল-সেচের ব্যবস্থা করা হইয়াছে।

২৪. U-আকৃতি নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্য (Balancing columns in a U-tube) :

দুইটি তরল পদার্থ-বাহারা পরস্পর মিশে না এবং বাহাদের ঘনত্ব (density) আলাদা—একটি U-আকৃতি নলে ঢালিলে দেখা যাইবে যে উহাদের উপরতল অসমভূমিক বটে, কিন্তু একই উচ্চতায় নাই এবং ইহা প্রমাণ করা যায় যে উভয় তরলের স্পর্শতল হইতে উক্ত তরল স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতা তরলদ্বয়ের ঘনত্বে ব্যস্ত-অনুপাতিক।

২৮ নং চিত্রে একটি কাচের U-নল দেখানো হইয়াছে। ধরা যাক, নলের যে কোন মুখ দিয়া প্রথমে পারদ ঢালা হইল। দেখা যাইবে যে পারদ উভয় বাহুতেই এক উচ্চতায় আছে। এই পাবদের উপর জল ঢাল। জলের চাপে ঐ বাহুতে পারদের তল নামিয়া যাইবে এবং অপর বাহুতে পাবদের তল উঠে উঠিবে। যখন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে তখন দেখা যাইবে যে ঐ বাহুতে জলের উপর-তলেব এবং অপর বাহুতে পাবদের উপর-তলের উচ্চতা বিভিন্ন। ধরা যাক, CD হইল জলস্তম্ভের উচ্চতা এবং B হইল পাবদের উপর-তল। CA দেখা



U-নলে দুই তরলের সাম্য

চিত্র ২৮

এজলে যেহেতু তরলদ্বয় স্থির এবং CA একটি অসমভূমিক রেখা অতএব C বিন্দুতে জলের চাপ = A বিন্দুতে পারদের চাপ। এখন, C বিন্দুতে জলের চাপ $= h_2 d_2 g$ [$h_2 = CD$, $d_2 =$ জলের ঘনত্ব] এবং A ,, পারদের ,, $= h_1 d_1 g$

[$h_1 = AB$; $d_1 =$ পারদের ঘনত্ব]

$$\therefore h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

$$\text{অথবা, } \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

উপরোক্ত সমীকরণে নলের প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। ইহার অর্থ এই যে উপরোক্ত ফল (result) নলের প্রস্থচ্ছেদের উপর নির্ভর করে না—

নল খোঁচা দিয়ে। সরু হইতে তাহাতে কিছু তারতম্য হয় না। তবে সরু সরু অর্থাৎ কৈশিক (capillary) নল হইতে কৈশিক আকর্ষণ ক্রিয়া করিবে এবং উপরোক্ত হিসাবে (calculation) ক্রটি থাকিবে।

উদাহরণ :

একটি U-নলের এক বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 3 sq.cm. এবং অপর বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm. ; নলটিকে খাড়া ভাবে রাখিয়া উহাতে কিছু পারদ ঢালা হইল। অতঃপর মোটা বাহু দিয়া পারদের উপর 60 c.c. জল ঢালা হইল। ইহার ফলে মোটা বাহুতে পারদস্তম্ভ কতখানি নামিয়া যাইবে নির্ণয় কর। পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms/c.c.

[The cross-section of one arm of a U-tube is 3 sq. cm. and that of the other is 1 sq. cm. Keeping the tube vertical some mercury is poured into the tube and thereafter 60 c. c. of water is poured over mercury through the wider arm. Find by how much the mercury column will go down in the wider tube. Density of mercury = 13.6 gms/c.c.]

উ। প্রথমে পারদ U-নল উভয় বাহুতেই সমান উচ্চতায় থাকিবে।
2৫ (i) নং চিত্রে কাটা রেখা দ্বারা ঐ উচ্চতা দেখানো হইয়াছে। পরে মোটা বাহু দিয়া জল ঢালা হইলে মনে কব, পারদ মোটা বাহুতে x cm. নামিয়া গেল ; যেহেতু মোটা বাহুর প্রস্থচ্ছেদ সরু বাহু অপেক্ষা তিনগুণ কাজেই সরু বাহুতে পারদ $3x$ cm. উঠিল। এখন, জল ও পারদের স্পর্শতল হইতে অভূমিক রেখা টানিলে (ছবিতে টানা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) সরু বাহুতে ঐ রেখা হইতে পারদের উচ্চতা = $4x$ cm.



চিত্র 4৫ (i)

মোটা নলে পারদের উপর যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইবে তাহার উচ্চতা = $\frac{60}{1} = 20$ cm.

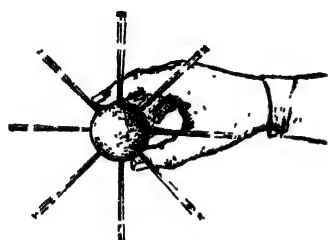
এইবার U-নলে তরল পদার্থের সাম্য হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{20}{4x} = \frac{13.6}{1} \quad [\text{জলের ঘনত্ব} = 1 \text{ gm/c.c.}]$$

$$x = \frac{20}{4 \times 13.6} = 0.36 \text{ cm. (প্রায়)}$$

2-9. তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র (Pascal's law for the transmission of liquid pressure) :

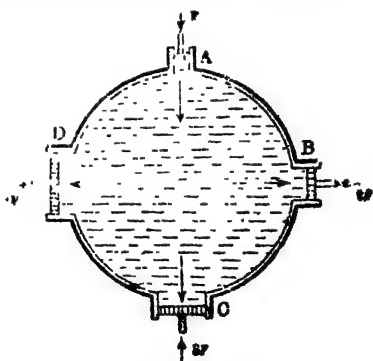
কোন আবদ্ধ (confined) তরলের যে কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় (undiminished magnitude) সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে। ইহাই পাস্কালের সূত্র।



বলটিকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইবে

চিত্র 2ণ

(খ) একটি ত্রলপূর্ণ আবদ্ধপাত্রে A, B, C, D চারিটি ছিদ্র আছে। ছিদ্রগুলি জলবোধক (water-tight) পিস্টন দিয়া বন্ধ করা। এখন যদি A পিস্টনে চাপ দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে B, C এবং D পিস্টনগুলি বাহিরের দিকে সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ কবে যে, A-পিস্টনে প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সঞ্চালিত করিল (2ত নং চিত্র)।



পাস্কালের সূত্র পরীক্ষা

চিত্র 2ত

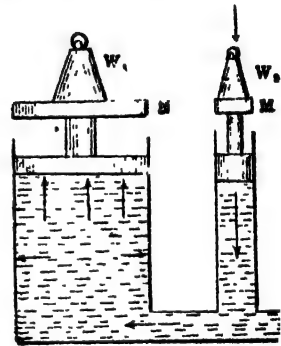
এখন মনে কর, A-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 একক (unit area) এবং B, C, এবং D পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ যথাক্রমে 2, 3, এবং 4 একক। যদি A-পিস্টনে F বল প্রয়োগ করা হয় তবে, B, C এবং Dকে স্থির রাখিতে হইলে বাহির হইতে বিপরীত দিকে উহাদের উপর 2F, 3F এবং 4F বলপ্রয়োগ করিতে হইবে (ছবি দেখ)। ইহা প্রমাণ করে যে এই পিস্টনগুলির প্রতি

উদাহিত বিজ্ঞান

একক ক্ষেত্রের যে বল সঞ্চালিত হইয়াছে তাহা A-পিস্টনে প্রযুক্ত বলের সমান। অর্থাৎ, জল অপরিবর্তিত মাত্রায় চাপ সঞ্চালিত করিল। তাছাড়া, পিস্টনগুলি সরিয়া আসিবার অভিমুখ (direction) লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে সঞ্চালিত চাপ পিস্টনগুলির উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে।

2-10. পাস্কালের সূত্র হইতে ঘাত বৃদ্ধির নীতি (Principle of multiplication of thrust from Pascal's law) :

2খ নং চিত্রে একটি মোটা এবং একটি সরু চোঙ একটি নল দ্বারা সংযুক্ত দেখানো হইয়াছে। উভয় চোঙেই একটি করিয়া পিস্টন আছে এবং পিস্টনের মাথায় ওজন রাখিবার পাটাতন আছে। এই পরস্পর সংযুক্ত পাত্র জলপূর্ণ করিয়া M পাটাতনের উপর একটি W_2 ওজন রাখা হইয়াছে। যদি M পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_2 হয় তবে পাটাতনের উপর প্রযুক্ত নিয়চাপ $= W_2/A_2$, এই চাপ ঐ পিস্টন সংলগ্ন জলে পড়িতেছে। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল ঐ চাপকে অপরিবর্তিত মাত্রায় চতুর্দিকে সঞ্চালিত করিবে। সুতরাং N-পিস্টনটির পাটাতনের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চালিত বল $= W_2/A_2$; যদি N-পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_1 হয় তবে উহার উপর ঘাত



$$= \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} = \frac{W_2}{A_2} \times A_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$$

ঘাত বৃদ্ধির নীতি
চিত্র 2খ

সুতরাং ইহার ফলে N-পিস্টনটি উপরের দিকে উঠিতে থাকিবে। ধর, N-পিস্টনটিকে স্থির রাখিবার জন্য উহার উপর W_1 ওজন চাপাইতে হইল, তাহা হইলে $W_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

যদি A_1, A_2 -র চাইতে 100 গুণ হয় তবে M পাটাতনে 1 মণ ওজন রাখিলে N-পাটাতনের উপর 100 মণ ওজন বাধা চলিবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, ঘাত 100 গুণ বাড়িয়া গেল। এইভাবে বদ্ধ-তরলের একস্থানে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া অন্যস্থানে বহুগুণ বল উৎপন্ন করা যায়। ইহাকেই ঘাত-বৃদ্ধির নীতি বলে।

2-11. হাইড্রলিক প্রেস (Hydraulic Press) :

ঘাত-বুদ্ধির উপরোক্ত নীতি হাইড্রলিক প্রেস নামক একটি যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে। ত্রামা নামে একজন ব্রিটিশ ইঞ্জিনিয়ার ইহার কিছু উন্নতি-বিধান করেন বলিয়া এই যন্ত্রকে অনেক সময় ত্রামা প্রেস বলা হয়। এই যন্ত্রদ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং তাহা দিয়া কাগড়, পাট, তুলা প্রভৃতির গাঁট চাপিয়া ছোট করা, বীজ হইতে তেল নিষ্কাশন করা প্রভৃতি কাজ হইয়া থাকে। মেরামতের জন্য ভারী মোটরগাড়ী উঁচুতে তুলিবার জন্য মোটর গ্যারেজে হাইড্রলিক প্রেস ব্যবহৃত হয়। এই ধরনের ব্যবস্থাকে 'Hydraulic garage lift' বলা হয়।

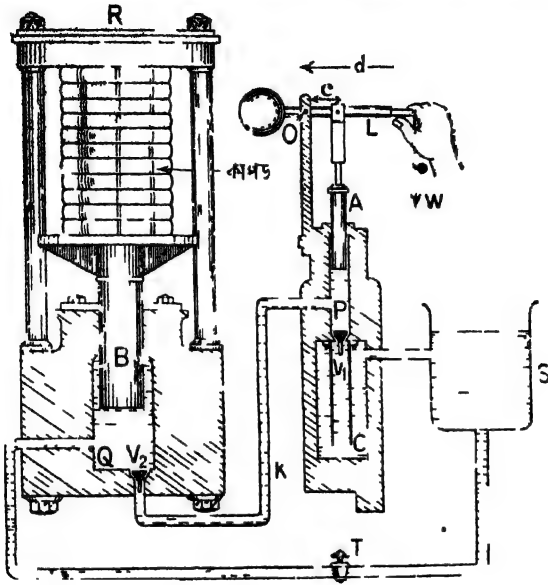
বিবরণ :

পবপৃষ্ঠায় 2দ নং চিত্রে হাইড্রলিক প্রেসের একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। P এবং Q দুইটি লোহার তৈয়ারী চোঙ K-নল দ্বারা সংযুক্ত। P-এর প্রস্থচ্ছেদ ছোট এবং Q-এর প্রস্থচ্ছেদ অনেক বড়। A একটি নিরেট (solid) লোহার পিস্টন। L-হাতল দ্বারা উহাকে P-চোঙের ভিতর ষাতায়িত করানো যায়; B আর একটি নিরেট লোহার পিস্টন। ইহার মাথায় একটি পাটাতন আছে। এই পাটাতনের উপর কাগজ, পাট, কাপড় ইত্যাদি চাপিবার জন্য রাখা হয়। R একটি শক্ত লোহার পাত—চারিটি খামের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকানো। V_1 এবং V_2 দুইটি ভাল্ভ (valve) যাহা দিয়া জলকে শুধু উপরের দিকে চালানো যাইতে পারে। জল নীচ দিকে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ দুইটি শক্তভাবে চোঙের মুখে আটকাইয়া যায়। S একটি জলধার।

কার্যপ্রণালী :

L-হাতল দ্বারা A-পিস্টনকে উপবদিকে উঠাইলে জলের চাপে V_1 -ভাল্ভটি আলগা হইয়া যায় এবং জলধার-S হইতে জল আসিয়া P চোঙটি ও K নল ভর্তি করে। এখন A-পিস্টনকে নীচুদিকে চাপ দিলে V_1 -ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় কিন্তু V_2 -ভাল্ভ জলের চাপে খুলিয়া যায় এবং জল Q-চোঙে প্রবেশ করিয়া B-পিস্টনের উপর চাপ দেয়। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী A-পিস্টনের প্রদত্ত চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় B-পিস্টনে সঞ্চালিত হয় এবং B-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ A-পিস্টনের যতগুণ, বলও ততগুণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ B-পিস্টন প্রচণ্ড বলের সহিত উপরে উঠিতে চেষ্টা করে। ফলে B এর পাটাতনের উপর রক্ষিত বস্তু R-লোহার পাত ও পাটাতনের মধ্যে পড়িয়া প্রচণ্ড চাপ খায়। একদফা কাজ

হাইড্রলিক প্রেসে Q-চোঙের জলকে সরাইয়া জলধারে লইয়া বাইবার করা



হাইড্রলিক প্রেস

চিত্র ২৮

T-পাচকলটি খুলিয়া দিতে হয় ফলে Q চোঙের ডচ চোঙের জল এই বিন্দু পথ দিয়া জলধারে ফিবিয়া যায়।

হাইড্রলিক প্রেসে উৎপন্ন মোট ঘাত (Total thrust developed in a hydraulic press):

ঘাতবৃদ্ধির নীতি ছাড়া লিভারের বায়নী ১১ নং হাইড্রলিক প্রেসে ঘাত বৃদ্ধি পায়। মোট বত ঘাত উৎপন্ন হয় ও ২ নিম্নলিখিতরূপ নির্ণয় করা যায়।

২৮ নং চিত্রে L হাতলটি একটি লিভার। হাইড্রলিক প্রেসে এই লিভার দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে, কারণ এ প্রান্তে আলস O এবং অপব প্রান্তে হাত দ্বারা W বল প্রয়োগ করা হয়। A-পিস্টনটি আলস ও W-এব মধ্যবর্তী কিন্তু আলসের কাছাকাছি কোন স্থানে যুক্ত। পিস্টন হইতে আলস পর্যন্ত দূরত্ব c এবং বল (W) প্রয়োগে। বিন্দু হইতে আলসের দূরত্ব d

হইলে, পিস্টনে ঘে-বল (F_1) উৎপন্ন হইবে, লিভারের কার্যনীতি হইতে তাহা আমরা লিখিতে পারি,

$$F_1 \times c = W \times d$$

$$\text{Or, } F_1 = W \cdot \frac{d}{c}$$

দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারে d -দৈর্ঘ্য c -দৈর্ঘ্য হইতে বেশী হওয়ায় F_1 -এর মান W অপেক্ষা বেশী হইবে। সুতরাং এইখানে কিছু ঘাত বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, মনে করা যাউক যে A -পিস্টনের ক্ষেত্রফল α এবং B -পিস্টনের ক্ষেত্রফল β ; যদি B -পিস্টনে উৎপন্ন মোট ঘাত F_2 হয়, তবে ঘাতবৃদ্ধির নীতি অনুযায়ী

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

$$= W \cdot \frac{d}{c}$$

c অপেক্ষা d বড় এবং α অপেক্ষা β বড় হওয়ায় F_2 -এর মান W অপেক্ষা অনেক বড় হইবে। অর্থাৎ, লিভারে অল্প বলপ্রয়োগ করিয়া B -পিস্টনে প্রচণ্ড বল সৃষ্টি করা যাইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। হাইড্রলিক প্রেস দ্বারা অল্প বলপ্রয়োগে বেশী বল উৎপন্ন করা যায় বটে; কিন্তু শক্তির দিক হইতে আমবা কোন লাভবান হই না। যে-শক্তি আমবা প্রয়োগ করি ঠিক সেই শক্তি আমবা ফিবিয়া পাই; বরং ঘষণ ইত্যাদির দরুন প্রাপ্ত শক্তি প্রযুক্ত-শক্তি অপেক্ষা কিছু কম হয়।

উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 বর্গফুট এবং বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 20 বর্গফুট। যদি ছোট পিস্টনে 200 পাউণ্ড বলপ্রয়োগ করা হয় তবে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[The sectional area of the smaller piston of a hydraulic press is 1 sq. ft. and that of the larger one is 20 sq. ft. If a force of 200 lbs be applied on the smaller piston, what will be the force developed on the larger one ?]

$$\text{উ। আমরা জানি, } F_1 = F_2 \times \frac{A_1}{A_2}$$

উদাহরণ বিজ্ঞান

[F_1 = বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল

F_2 = ছোট পিস্টনে প্রদত্ত বল

A_2 = ছোট পিস্টনের প্রস্থক্ষেত্র

A_1 = বড় পিস্টনের প্রস্থক্ষেত্র]

এখানে $F_2 = 200$ পাউণ্ড, $A_1 = 20$ বর্গফুট;

$A_2 = 1$ বর্গফুট $F_1 = ?$

$$F_1 = 200 \times \frac{20}{1} = 4000 \text{ পাউণ্ড।}$$

(2) একটি হাইড্রলিক প্রেসের লিভারের দুই বাহুব দৈর্ঘ্য 4 inches এবং 2 feet. ছোট পিস্টনের ব্যাস 2 inches এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 20 inches. লিভারের প্রান্তে 25 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হইবে?

[Two arms of the lever of a hydraulic press are 4 inches and 2 feet long. The diameter of the smaller piston is 2 inches and that of the larger one is 20 inches. If a force of 25 lbs be applied at the end of the lever, what will be the force developed on the larger piston?]

উ। পরা ঘাটক, ছোট পিস্টনে F_2 বল উৎপন্ন হইল। লিভারের কাঁচ-নীতি হইতে আমরা জানি,

$$25 \times 2 = F_1 \times \frac{4}{12} \quad [4 \text{ inches} = \frac{1}{3} \text{ ft}]$$

$$\therefore F_1 = \frac{25 \times 2 \times 12}{4} = 150 \text{ lbs}$$

এবার মনে কবা ঘাটক বড় পিস্টনে F_2 বল উৎপন্ন হইল। ঘাত বৃদ্ধির নীতি হইতে আমরা জানি,

$$F_2 = F_1 \times \frac{\text{বড় পিস্টনের ক্ষেত্রফল}}{\text{ছোট}}$$

$$= F_1 \times \frac{\pi(10)^2}{\pi(1)^2} \quad \text{বড় পিস্টনের ব্যাসার্ধ} = 10 \text{ inches}$$

$$= F_1 \times 100$$

$$= 150 \times 100 = 15,000 \text{ lbs.}$$

(3) একটি বোতল তেল দ্বারা ভর্তি করিয়া কর্ক আটকানো হইল। বোতলের গলা এবং তলার ব্যাস যথাক্রমে $\frac{1}{4}$ inch এবং 3 inches; কর্কের উপর 5 lbs-wt বলপ্রয়োগ করিলে তলায় কত ঘাত উৎপন্ন হইবে?

[A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be $\frac{1}{4}$ inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt]

[H. S. Exam. 1961]

উ। গলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi \left(\frac{1}{4}\right)^2$ sq. inch

তলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi \left(\frac{3}{2}\right)^2$ sq. inch

এখন, গলার প্রদত্ত চাপ $= \frac{5}{\pi \left(\frac{1}{4}\right)^2} = \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

সুতরাং তলায় প্রতি একক ক্ষেত্রফলে উৎপন্ন বল $= \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

\therefore তলায় মোট ঘাত $= \frac{80}{\pi} \times \pi \left(\frac{3}{2}\right)^2$ lbs. wt.
 $= 180$ lbs. wt.

সারাংশ

তরলের চাপ :-

যদি A ক্ষেত্রফলের উপর ত্বল F বল প্রয়োগ করে তবে

প্রা.

ত্বলের চাপ, $P = F \cdot A$ বল
ক্ষেত্রফল

তরলের ঘাত :-

ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল $= P \cdot A$

তরলের মাপিত বিন্দুতে চাপের পরিমাণ :-

যদি দিকের গভীরতা হয় h , তরলের ঘনত্ব হয় d , তবে বিন্দুতে তরলের চাপ, $P = h \cdot d \cdot g$

স্থির তরলের বৈশিষ্ট্য :-

(i) তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে।

(ii) কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

(iii) তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

(iv) তরলের নব্যস্থিত কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে।

(v) তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অতুচ্ছমিক।

কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে যাত তরলের উচ্চতা ও পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

পরস্পর সংস্পর্শ পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায়।

পাকালের স্রুত :

কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত যাত্রায় সর্বদিকে সঞ্চালিত হবে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

যাত-বাহির নীতি :—পাকালের স্রুত অণুলব্ধন কবিষা তরলের সূত্ৰাযো অধ বনকে বহুগুণ বৃদ্ধি কবা যায়।

হাইড্রলিক প্রেস :—এই যন্ত্র যাত-বাহির নীতির কার্যকর প্রয়োগ। ইহা হারা প্রচণ্ড যাত সৃষ্টি কবা যায় এবং বিভিন্ন বাবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। চাপকেন কল, পাটেক কল, কাগজের যান্ত্রিক, মোটর গাড়ীর কাবাযানা প্রভৃতি ক্ষেত্রে এই যন্ত্র ব্যবহায করে।

প্রশ্নাবলী

১. তরল 'যাত' ও 'চাপের' মধ্যে পার্থক্য বুঝায়া চাপ কোন বিন্দুতে প্রয়োগ করিলে পরিমার্জিত ?

[Explain the difference between 'thrust' and 'pressure' in a liquid. What is the pressure at a point in a liquid ?] [H. S. Comp., 1960, H. S. Exam '62]

২. সমুদ্রতলেব ঘনত্ব 1.025 lbs/c. ft ; যদ 1 ফুট গাভীর জলেব ওজন 62.5 পাউন্ড হয়, তবে 10 ফুট ন চে সমুদ্রতলেব চাপ নির্ণয় কবা। •

[The density of sea-water is 1.025 lbs/c. ft. If 1 c. ft of fresh water weighs 62.5 lbs., calculate the pressure at a depth of 10 ft. in sea water.]

[Ans. 610 625 lbs./sq. ft]

৪. একটি চ্যাপ্টা তলা যুক্ত নলেব প্রচ্ছেদ 4 sq. cm. ; উচ্চতা 8 cm এবং অ্যালকোহলে 10 cm. ডুবিয়া যায়। নলেব মোট ওজন কত এবং অ্যালকোহলেব ঘনত্ব কত ?

[A flat-bottomed tube, 4 sq. cm. in cross-section sinks to a depth of 8 cm in water and 10 cm. in alcohol. What is the weight of the tube and its contents and what is the density of alcohol ?] [Ans. 82 gm ; 0.8 gm/c.c.]

4. একটি আয়তাকার বাস্তের দৈর্ঘ্য 10 ft., প্রস্থ 8 ft. এবং গভীরতা 6 ft.। বাস্তকে পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে বাস্তের তলার মোট কত ঘাত পড়িবে ?

[The length, breadth and height of a rectangular box are respectively 10 ft., 8 ft., and 6 ft. When the box is full of water, calculate the total thrust on the bottom. [1 c. ft. of water weighs 62.5 lbs.] [Ans. 30,000 lbs]

5. একটি আয়তাকার জলাধার 4 ft. লম্বা, 2 ft. চওড়া এবং 2 ft. উচ্চ। জল পূর্ণ করা হইলে উহার তলায় এবং পাশে কত ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর। জলের ঘনত্ব 62.5 lbs./c. ft.

[A rectangular tank 4 ft long, 2 ft. broad and 2 ft. deep is full of water (density 62.5 lbs /c. ft.) Find the thrust on the bottom, on one broad side and on one end side] [Ans. 1000 lbs. ; 500 lbs. ; 250 lb-9]

6. একটি খালের লক-গেট 12 ft চওড়া। উহা একপাশে জলের গভীরতা 16 ft এবং অপর পাশে 10 ft. হইলে গেটের উপর মোট ঘাত নির্ণয় কর। 1 c. ft. জলের ওজন 62.5 lbs.

[The lock-gate of a canal is 12 ft. broad. The depth of water on the side of the gate is 16 ft. and that on the other side is 10 ft. Calculate the total thrust on the gate if 1 c. ft of water weighs 62.5 lbs] [Ans. 585,00 lbs]

7. তবলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ যে চাপের চেয়ে তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝা যায়। এই চাপ বিন্দু গভীরতার উপর নির্ভর করে তাহাও পরীক্ষা দ্বারা বুঝা যায়।

[Explain, by means of experiment, that liquid exerts pressure in all directions at a point without it. Also describe a simple experiment to prove that the pressure depends upon the depth of the point.] [H. S. Fiam 1962]

8. একটি লম্বা পাতলা চোঙের প্রায় তলদেশে একটি প্যাচকল আঁটিয়া চোঙটিকে জলপূর্ণ করা হইল এবং একদণ্ড কর্কের টিপে তাহা তলদেশে রাখা হইল। প্যাচকলটি খুলিয়া দিলে কি দেখিবে তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

[A tall thin vessel provided with a tap at the side near the bottom is filled with water and made to float upright on a piece of cork. Explain what happens when the tap is opened]

9. 'হাইড্রোস্ট্যাটিক প্যারাডক্স' কী? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া চেষ্টা কর।

[What is 'hydrostatic paradox' ? Explain it with suitable experiments]

10. 'তবল একই তলে থাকিলে চাপ'—উক্তাৎ কি পরীক্ষা ভোমার, জ্ঞান অর্থে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহা কি প্রয়োগ আছে ?

What experiment do you know to illustrate that 'liquid finds its own level' ? What is its practical application ?]

11. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রদর্শনের জন্য উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর :

(ক) তবল সম্পর্কিত তল উপর তল লম্বভাবে চাপ প্রদান করে।

(খ) তবল প্রদত্ত চাপ তবলের গভীরতার সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

(গ) তবল প্রদত্ত চাপ সর্বদিকে ক্রিয়া করে।

উদ্দীপ্তি বিভাগ

(খ) উদ্দীপ্তি নথি একটি ডলে থাকিতে চারটি

[Describe experiments to demonstrate the following :

(a) A liquid exerts normal pressure on any surface with which it is in contact.

(b) The pressure exerted by a liquid increases with depth.

(c) The pressure due to a liquid acts in all directions.

(d) Liquid always finds its own level.]

12. U-tube-এব সাহায্যে দুইটি তরলের ঘনত্ব তুলনা কিরূপে করিবে? U-tube এবং দুই বাহুব প্রস্তুত্রেণে কি সমান হওয়া প্রয়োজন? তোমার উত্তরের কারণ বর্ণনা কর।

[How would you compare the densities of two different liquids by means of a U-tube? Should the limbs of the U-tube have same area of cross-section? Explain your answer.

13 কোন জল সরবরাহ ব্যবস্থার জলবাঁক জমি হইতে 100 ft. উঁচু। ঘনত্ব ইত্যাদিৰ জল জলের চাপ হ্রাস যদি 40 ft. হইলে জমি হইতে 20 ft. উঁচু একটি কলে জলের চাপ কত হইবে?

[The reservoir of a water-supply system is 100 ft. above the ground. If the loss of pressure head due to friction etc. is 40 ft., what will be the pressure at a tap 20 ft. above the ground?] [Ans. 40 ft. of water বা 24.3 lb/sq. ft.]

14 কলের লেভেল মাটি হইতে 7 ft. কম উঁচু করা যাবে তত কল হইতে যোবে জল 1.5 কেন?

[By lowering the level of a tap you get more and more supply of water. Why?]

15. একটি U-নলের তলায় কিছু পানি আছে। নলের এক বাঁক দিবা কেরোসিন তেল এবং অপর বাঁক দিবা গ্লিসারিন ঢালা হইল। দেখা গেল যে কেরোসিন তেলের উচ্চতা যখন 10 cm এবং গ্লিসারিনের উচ্চতা 6.84 cm, হইল তখন উভয় বাহুতেই পানি এক লেভেলে বহিল। কেরোসিনের ঘনত্ব 0.8 gm/cc হইলে গ্লিসারিনের কত?

[There is some mercury at the bottom of a U-tube. Kerosene oil is poured over the mercury through one arm and glycerine through the other. It is found that mercury stands at the same level in the two arms when the heights of kerosene oil and glycerine are respectively 10 cm. and 6.84 cms. Density of kerosene being 0.8 gm/cc., calculate the density of glycerine.] [Ans. 1.2G]

16. সমপ্রস্তুত্রেণে একটি U-নলে অর্ধেক জলপূর্ণ আছে। U-নলের যে কোন বাহু দিবা 0.88 gm/cc. ঘনত্ব সম্পন্ন কোন তরলের কতখানি তল ঢালিলে অপর বাহুতে জলের তল 7 cm. উল্লম্ব উঠিবে। U-নলের গোলায় খণ্ড খণ্ড দিবা 1 cm

[A uniform U-tube is half-filled with water. How many c. c. of oil of density 0.88 gm/cc must be poured into one limb to make the surface of water rise 7 cm. in the other limb? The diameter of the tube is

পদার্থ বিজ্ঞান

17. একটি U-নলের দুই বাহ 80 cm. দীর্ঘ এবং 1 sq. cm. প্রস্থচ্ছেদ যুক্ত। ইহাতে এমন পরিমাণ পারদ ঢালা হইল যে দুই বাহতেই পারদের উচ্চতা হইল 10 cm., অতঃপর এক বাহ দিয়া পারদের উপর 17 c. c জল এবং অপর বাহ দিয়া 17 c. c. প্যারফিন তেল (ঘনক 0.8 gm/c.c.) ঢালা হইল। এই অবস্থায় দুই বাহব পারদ স্তরের উচ্চতার পার্থক্য কত?

[The limbs of a U-tube are 80 cm. high and have a uniform cross-section of 1 sq. cm. Mercury is poured into the U-tube until it reaches a height of 10 cm. in each limb. 17 c.c. of water are poured into one limb and 17 c.c. of paraffin (density = 0.8 gm/c.c.) are poured into the other limb. What is now the difference in the levels of mercury in the two limbs?]

[Ans. 0.25 cm]

18. 54 ft জলের নীচে একটি লব-গেট 4 inch ব্যাসের একটি চক্র দ্বারা বন্ধ। এই চক্রের মুখ দিয়া জল বাহ্যিক হওয়া বন্ধ করিতে হইলে কত বলের দ্বারা একটি চাকতিতক এই চক্রের মুখ ধাক্কাতে হইবে?

[A 4 inch square hole has been detected in a lock gate at a depth of 54 ft from water-surface. With how much force a disc is to be held at the hole in order to stop the outflow of water? Density of water 62.5 lbs/c. ft.]

[Ans. 750 lb wt]

19. পাস্কেলের সূত্র বলিয়া কী বোঝায়? কীভাবে বলাইয়া পাওয়া যায় যে এই সূত্রটি সর্বত্র প্রযোজ্য? কীভাবে প্রমাণ করা যায় যে সত্য?

[State Pascal's law and explain it fully. How can you obtain the principle of multiplication of thrust from the law?] [H. S. (comp.) 1961, P. U. 1962]

20. হাইড্রুলিক প্রেস কী? ইহা কীভাবে কাজ করে? কীভাবে ইহা প্রয়োগ করা হয়? ইহাতে মোট বল লাভ কিংবা হ্রাস?

[What is a hydraulic press? Describe it and explain its action. For what purpose is it used? What is the total thrust developed in it?]

[cf. H. S. (comp.) 1961]

21. একটি হাইড্রুলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের ব্যাস 1 inch এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 1 foot। ছোট পিস্টনে 56 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে? (পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার)

[The diameter of the smaller piston of a hydraulic press is 1 inch and that of the larger one is 1 foot. Calculate the thrust developed on the larger piston when a force of 56 lbs is applied on the smaller one. The cross-sections of the pistons are circular] [P. U. 1962] (Ans. 8064 lbs)

22. একটি অসম্পূর্ণ বোতলের তলার প্রস্থ ক্ষেত্রফল 80 sq. cm. উহা গলায় একটি কর্ক সাপানো আছে। কর্কের ক্ষেত্রফল 1 sq. cm.; কর্কের উপর যদি 40 gms. wt বল প্রযুক্ত হয় তবে বোতলে তলার কত দাঁত পড়িবে?

[The sectional area of the bottom of a bottle is 80 sq. cm. The bottle is full of water and is closed by a cork whose area is 1 sq. cm. If a force of

উদ্ভিতি বিজ্ঞা

40 gms. wt. be applied on the cork, calculate the force developed on the bottom. [Ans. 1900 gms. wt.]

১৪৫. একটি হাইড্রলিক প্রেসের দুইটি পিস্টনের ব্যাস যথাক্রমে ৪ inches এবং ৪০ inches, 12 ft. লম্বা একটি লিভার দণ্ডের আলম্ব দিম্বু হইতে ২ ft. দূরে ছোট পিস্টনটি আবদ্ধ। বড় পিস্টনে ৫০০০ lbs. wt. বল উৎপন্ন করিতে হইলে লিভার দণ্ডের প্রান্তে কত বল প্রয়োগ করিতে হইবে?

[The diameters of the pistons of a hydraulic press are respectively 5 inches and 80 inches. The smaller piston is attached 2 ft. from the fulcrum end of a lever 12 ft. long. What force must be applied at the end of the lever to make the press exert a force of 5000 lbs. wt. ?] [Ans. 83 lbs]

১৭. একটি হাইড্রলিক পেশ সারঞ্জি পিস্টনের ব্যাস 1" এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 0"; ইহা একটি ভাত লিভার দ্বারা চালিত হয় এবং লিভারটির বর্জ্যস্থেয় অনুপাত 1 : 8; লিভারের হাতলে 30 lb-এর প্রায়ঃ বর্জন উৎপন্ন কত বল প্রযুক্ত হইবে ?

[A hydraulic press has a small piston of diameter 1" and a large piston of diameter 6". It is worked by a hand lever of which the ratio of the arms is 1 : 8. If a force of 50 lbs is applied on the handle, what is the force developed on the goods kept on the press?] [Ans. 8640 lbs]

[Objective Type Questions]

নিম্নলিখিত প্রণয়ন ২।। নবীন উদ্ভব তাঁ' ২২৫৭ ত্রৈবিড়ান দিবস শৃঙ্খলায় ।
এক যেটি = গুণ 'না' হ'লে তাই ত্রৈবিড়ান দিবস শৃঙ্খলায় । নিম্ন :-

ক'ল্য চাপ কি কবলেদ গভাবত; ১। ৭ নিম্ন ৮। ২

- (ii) পারিতোষিক তৎপক্ষে ভবন য়ে হিত কং-স্ব কং-ত। ১৬ ভা ১০ ১১ ১২ ১৩ ১৪ ১৫ ১৬ ১৭ ১৮ ১৯ ২০ ২১ ২২ ২৩ ২৪ ২৫ ২৬ ২৭ ২৮ ২৯ ৩০ ৩১ ৩২ ৩৩ ৩৪ ৩৫ ৩৬ ৩৭ ৩৮ ৩৯ ৪০ ৪১ ৪২ ৪৩ ৪৪ ৪৫ ৪৬ ৪৭ ৪৮ ৪৯ ৫০ ৫১ ৫২ ৫৩ ৫৪ ৫৫ ৫৬ ৫৭ ৫৮ ৫৯ ৬০ ৬১ ৬২ ৬৩ ৬৪ ৬৫ ৬৬ ৬৭ ৬৮ ৬৯ ৭০ ৭১ ৭২ ৭৩ ৭৪ ৭৫ ৭৬ ৭৭ ৭৮ ৭৯ ৮০ ৮১ ৮২ ৮৩ ৮৪ ৮৫ ৮৬ ৮৭ ৮৮ ৮৯ ৯০ ৯১ ৯২ ৯৩ ৯৪ ৯৫ ৯৬ ৯৭ ৯৮ ৯৯ ১০০ ১০১ ১০২ ১০৩ ১০৪ ১০৫ ১০৬ ১০৭ ১০৮ ১০৯ ১১০ ১১১ ১১২ ১১৩ ১১৪ ১১৫ ১১৬ ১১৭ ১১৮ ১১৯ ১২০ ১২১ ১২২ ১২৩ ১২৪ ১২৫ ১২৬ ১২৭ ১২৮ ১২৯ ১৩০ ১৩১ ১৩২ ১৩৩ ১৩৪ ১৩৫ ১৩৬ ১৩৭ ১৩৮ ১৩৯ ১৪০ ১৪১ ১৪২ ১৪৩ ১৪৪ ১৪৫ ১৪৬ ১৪৭ ১৪৮ ১৪৯ ১৫০ ১৫১ ১৫২ ১৫৩ ১৫৪ ১৫৫ ১৫৬ ১৫৭ ১৫৮ ১৫৯ ১৬০ ১৬১ ১৬২ ১৬৩ ১৬৪ ১৬৫ ১৬৬ ১৬৭ ১৬৮ ১৬৯ ১৭০ ১৭১ ১৭২ ১৭৩ ১৭৪ ১৭৫ ১৭৬ ১৭৭ ১৭৮ ১৭৯ ১৮০ ১৮১ ১৮২ ১৮৩ ১৮৪ ১৮৫ ১৮৬ ১৮৭ ১৮৮ ১৮৯ ১৯০ ১৯১ ১৯২ ১৯৩ ১৯৪ ১৯৫ ১৯৬ ১৯৭ ১৯৮ ১৯৯ ২০০ ২০১ ২০২ ২০৩ ২০৪ ২০৫ ২০৬ ২০৭ ২০৮ ২০৯ ২১০ ২১১ ২১২ ২১৩ ২১৪ ২১৫ ২১৬ ২১৭ ২১৮ ২১৯ ২২০ ২২১ ২২২ ২২৩ ২২৪ ২২৫ ২২৬ ২২৭ ২২৮ ২২৯ ২৩০ ২৩১ ২৩২ ২৩৩ ২৩৪ ২৩৫ ২৩৬ ২৩৭ ২৩৮ ২৩৯ ২৪০ ২৪১ ২৪২ ২৪৩ ২৪৪ ২৪৫ ২৪৬ ২৪৭ ২৪৮ ২৪৯ ২৫০ ২৫১ ২৫২ ২৫৩ ২৫৪ ২৫৫ ২৫৬ ২৫৭ ২৫৮ ২৫৯ ২৬০ ২৬১ ২৬২ ২৬৩ ২৬৪ ২৬৫ ২৬৬ ২৬৭ ২৬৮ ২৬৯ ২৭০ ২৭১ ২৭২ ২৭৩ ২৭৪ ২৭৫ ২৭৬ ২৭৭ ২৭৮ ২৭৯ ২৮০ ২৮১ ২৮২ ২৮৩ ২৮৪ ২৮৫ ২৮৬ ২৮৭ ২৮৮ ২৮৯ ২৯০ ২৯১ ২৯২ ২৯৩ ২৯৪ ২৯৫ ২৯৬ ২৯৭ ২৯৮ ২৯৯ ৩০০ ৩০১ ৩০২ ৩০৩ ৩০৪ ৩০৫ ৩০৬ ৩০৭ ৩০৮ ৩০৯ ৩১০ ৩১১ ৩১২ ৩১৩ ৩১৪ ৩১৫ ৩১৬ ৩১৭ ৩১৮ ৩১৯ ৩২০ ৩২১ ৩২২ ৩২৩ ৩২৪ ৩২৫ ৩২৬ ৩২৭ ৩২৮ ৩২৯ ৩৩০ ৩৩১ ৩৩২ ৩৩৩ ৩৩৪ ৩৩৫ ৩৩৬ ৩৩৭ ৩৩৮ ৩৩৯ ৩৪০ ৩৪১ ৩৪২ ৩৪৩ ৩৪৪ ৩৪৫ ৩৪৬ ৩৪৭ ৩৪৮ ৩৪৯ ৩৫০ ৩৫১ ৩৫২ ৩৫৩ ৩৫৪ ৩৫৫ ৩৫৬ ৩৫৭ ৩৫৮ ৩৫

- (iii) U-স্ফটিকের নলে দুইটি তল AB ও CD গঠিত হলে AB ও CD তল দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব h ।

- (iv) কিভাবে জল সঞ্চিত হয়। বাসনা কি 'তবল একই তলে থাকতে চাণি' এই ধর্মের প্রকাশ।
 বলিয়া গিয়া কণা যাউতে পারে ? —

- কোন আবদ্ধ তন্ত্রের যে কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তৎসঙ্গে সেই চাপ কি
অসমানভাবে সর্বত্রিক সমানিত করে? হ্যাঁ

- (vi) ইতিউল্লিক প্রেসে সংগ্রহযোগ্য প্রমাণ কি শক্তির দিক হইতে বিশেষ লাভবান হই? ১

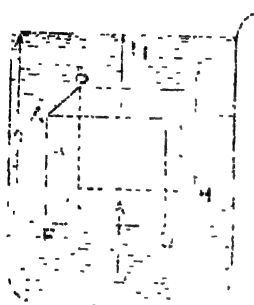
তৃতীয় পরিচ্ছেদ

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

[Floating bodies and Archimedes' principle]

১-১. তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তুর উপর মোট ঘাতের পরিমাণ
(Calculation of resultant thrust on a body immersed in a liquid) :

ABCDEFGH একটি ছয়তলবিশিষ্ট ঘনক (cube)। ঘনকটির
যে-কোন পাশের দৈর্ঘ্য l । একটি পাত্রে রাখিত কোন তরলের মধ্যে



চিত্র ৩ক

ঘনকটি নিমজ্জিত আছে। ঘনকটির উপরিস্থ
তল (ABCD) h_1 গভীরতায় এবং তলদেশ
(EFGH) h_2 গভীরতায় আছে (এক নং
চিত্র)। ঘনকটির উপর তল প্রদত্ত মোট
ঘাতের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।

ঘনকটির উপরিস্থ (vertical surface)
যেমন ABFE বা CDGH যে-ঘাত সহ
করিবেছে তাহা অণুভূমিক। কারণ, আমরা

জানি চাপ সমদ। তরল সংলগ্ন তলের লম্ব হয়। যেহেতু ABFE বা CDGH
খাড়া তল সেই হেতু উহা পৃষ্ঠতলের চাপ হইবে অণুভূমিক। সুতরাং যে-
কোন খাড়া তলের মোট ঘাত বিপরীত খাড়া তলের ঘাতের সমান ও বিপরীত
হওয়ায় খাড়া তলগুলি মোট কোন ঘাত গ্রহণ কবে না।

দিক্ত উপরিস্থ ABCD তলের যে-কোন বিন্দুর উপর জলের নিম্নচাপ
পড়িতেছে এবং উহাৰ পরিমাণ $= h_1 d g$. (d = তলের ঘনত্ব)

সুতরাং সমস্ত তলে মোট নিম্নচাপ ঘাত = চাপ \times ABCD তলের ক্ষেত্রফল।

$$= h_1 d g \times l^2$$

$$= l^2 h_1 d g$$

EFGH তলে জলের উপরচাপ পড়িতেছে। আমরা জানি যে, কোন
অণুভূমিক রেখায় জলের উপরচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

সুতরাং EFGH তলে যে-কোন বিন্দুতে জলের উপরচাপ $= h_2 d g$.

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

বস্তুটির EFGH তলে মোট উর্ধ্বমুখী ঘাত = চাপ \times এ তলের ক্ষেত্রফল

$$= h_2 d \cdot g \times l^2 = l^2 h_2 d \cdot g$$

যেহেতু $h_2 > h_1$ কাজেই EFGH তলের উর্ধ্বমুখী ঘাত ABCD তলের নিম্নমুখী ঘাতের চেইতে বেশী।

অর্থাৎ, ঘনকটির উপর মোট উর্ধ্বমুখী ঘাত = $l^2 h_2 d \cdot g - l^2 h_1 d \cdot g$

$$= l^2 d \cdot g (h_2 - h_1)$$

$$= l^3 d \cdot g [\because h_2 - h_1 = l]$$

কিন্তু l^3 ঘনকটির আয়তন এবং $l^3 \times d$ ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ভর।
 সুতরাং, $l^3 d \cdot g$ = ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

অর্থাৎ, দেখা গেল যে ঘনকটি যখন তরলে পূর্ণ নিমজ্জিত থাকে তখন ঘনকটি একটি উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে এবং ঘাতের পরিমাণ হইতেছে সম-আয়তন তরলের ওজন।

উপরোক্ত প্রমাণ শুধু যে নির্দিষ্ট আকারের ঘনক বা বস্তুতেই প্রযোজ্য তাহা নহে। যে-কোন আকারের বস্তু তরলে এবং একটি পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত থাকিলে প্রযোজ্য হইবে। অর্থাৎ, সাদা লোহা, খানার বস্তুতে পারি যে, কোন বস্তু আংশিক বা পূর্ণরূপে ভাসে তরলে নির্দিষ্ট আকারে উর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করিবে এবং এই ঘাত বস্তুটি যে আয়তন তরল স্থানচ্যুত করিবে উক্ত ওজনের সমান হইবে।

— উর্ধ্বমুখী ঘাতকে প্লবতা (buoyancy) বলে। এই ঘাত স্থানচ্যুত তরলের ভাবকেই ক্রিয়া করে এবং এই ভাবকেই প্লবতা-কেন্দ্র (centre of buoyancy) বলে।

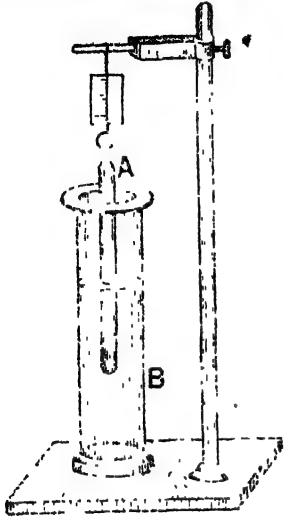
3-2. তরলে নিমজ্জমান অবস্থায় বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস (Apparent loss of weight of a body immersed in a liquid) :

আমরা দেখিলাম কোন বস্তুকে তরলে পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত করিলে বস্তু উর্ধ্বমুখী প্লবতা অনুভব করে বাহ্যিক স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান।

এখন বস্তুর নিজস্ব ওজন লম্বভাবে নিম্নমুখী ক্রিয়া করে এবং প্লবতা লম্বভাবে উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয়। ওজনের এই আপাত-হ্রাস বস্তু যতটা তরলে অপসারিত করে তাহার ওজনের সমান। যদি বস্তুর নিজস্ব ওজন হয় W_1 এবং অপসারিত তরলের ওজন হয় W_2 তবে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত-ওজন = $W_1 - W_2$

দার্থ বিজ্ঞান

বস্তুর ওজনের এই আপাত-হ্রাস তোমরা অনেকই হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ। ভারী কলসী বা ভারী বস্তু যাহা নাড়াইতে বেশ কষ্ট হয় জলের ভিতর তাহা অনায়াসে নাড়ানো যায়, ইহা তোমরা হয়ত অস্বস্তব করিয়াছ। কুয়া হইতে



প্ৰদৰ্শন ওজনের আ. হ্রাস
চিত্র ১৭

কনিঃস্ফেট। চোড়টি দখল পূর্ণ নিমজ্জিত হইবে তখন স্ফেটনের হ্রাস পাপেক্ষ।
দেখা যাইবে।

চোড়টি তেলের বাহিরে আনিলে ইহা পূর্বেও ওজন করিয়া দিইবে। তাহাও
চোড়টি তলে থাক। অবস্থায় যে ওজন হ্রাস হইয়াছিল তাহা আপাত হ্রাস।

3-4 আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes' principle) :

কোন বস্তুকে তরলে আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে
বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের
তরল স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান। ইহাই আর্কিমিডিসের
নীতি।

খ্রিঃ ২: ৩৪৭ সালে গ্রীসে দার্শনিক পণ্ডিত আর্কিমিডিসের জন্ম হয়। তাহার
উপরোক্ত বিখ্যাত নীতি আবিষ্কার সম্বন্ধে একটি গল্প প্রচলিত আছে। সাইরাকিউসের
অজ্ঞাতানবী রাজা হিরো একবার একটি স্বর্ণকুট তৈয়ারী করাইয়াছিলেন কিন্তু

জল তুলিয়াব সময় জলপূর্ণ বালতি ঘটক্ষণ
জলের ভিতর থাকে ততক্ষণ সহজেই টানিয়া
তোলা যায়, কিন্তু জলের উপরে উঠিলেই
বেশী ভারী বোধ হয়।

3-3. বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস
দেখাইবার পরীক্ষা (Experiment to
demonstrate the apparent loss of
weight of a body) :

একটি নিবেট পাতল চোড় A স্প্রিং-তুল্য
জক হইতে কল্যাণ। স্প্রিং-তুল্য যে পাঠ দিবে
হাতাই চোড়ের বস্তুকে ওজন। একটি বা-
লপা পাত্রে (B) জল রাখিয়া চোড়টি আক্ষে
আক্ষে জলের ভিতর ডুবাই (3খ নং চিত্র)।
দেখা যাইবে স্প্রিং-তুল্য পাঠ ক্রমশঃ

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নী

তাহার সম্বন্ধে হয় যে মুকুটটি সম্পূর্ণ সোনার তৈয়ারী। তখন তিনি দার্শনিক আর্কিমিডিসকে ডাকিয়া মুকুটটি না ভাঙিয়া উহা নির্ণয় করিতে বলিলেন। আর্কিমিডিস মহা চিন্তায় পড়িলেন। সমস্তার সমাধান করিতে না পারিলে অভ্যাচারী রাজার হাতে তাহার মৃত্যু নিশ্চিত। দিন তাহার চিন্তায় কাটে। একদিন তিনি কানায় কানায় জলে ডুবা একটি চৌবাচ্চায় স্নান করিতে মাসিয়া সবিস্ময়ে লক্ষ্য করিলেন যে কিছু জল উপচাইয়া পড়িল এবং নিজেকে কিছু হালুকা বোধ হইল। তখনই তাহার মাথার বিজ্ঞানের মত খেলিয়া গেল যে, বস্তুকে জলে ডুবাইলে উহা কিছু জল অপসারিত করিবে এবং

উহার ওজনের কিছু হ্রাস হইবে। সুতরাং মুকুটটিকেও জলে নিমজ্জিত করিলে উহা সম-আয়তন জল অপসারিত করিবে এবং তাহা হইতে মুকুটের উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাও সত্য সোনার ঘনত্বের তুলনা করিলে বোঝা যাইবে মুকুটটি সোনা কিংবা স্বর্ণ দ্বারা তৈয়ারী। গোনা যায়, তিনি তখনই ঐ অবস্থায় সাইরাকিউসের বাস্তা দিয়া মুকুটের ওজনে বলিতেছিলেন, 'ইউরেকা!'



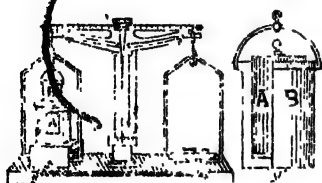
আর্কিমিডিস

(287-212 খ্রিঃ পূঃ)

(অর্থাৎ, বাহির করিয়াছি। বাহির করিয়াছি।)

3-5. আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Archimedes' principle) :

B একটি একমুখ গোলা ফাঁপা চোঙ, এবং A একটি নিরেট চোঙ। A চোঙটি B-র মধ্যে আঁটিয়া বসিতে পারে অর্থাৎ A চোঙের বাহিরেই আয়তন B চোঙের ভিতরের আয়তনের সমান।



আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা

চিত্র 3গ

অনুভূমিক কর। এখন একটি পাত্রের রক্ষিত জলের ভিতর A-চোঙকে

পদার্থ বিজ্ঞান

পরিপূর্ণ ডুবাও (উপ নং ছবি)। দেখিও যেন জলপূর্ণ পাত্রটি তুলানোর পরে নাকরে। A-চোঙকে জলে ডুবাইলে তুলানোটির আর অভ্যুত্থিক থাকিবে না। ডানদিকের পাল্লা নীচের দিকে নামিবে। ইহা প্রমাণ করে যে নিমজ্জিত অবস্থায় A-চোঙটির ওজনের হ্রাস হইল।

এখন ফাঁপা চোঙ B-তে আস্তে আস্তে জল ঢাল। দেখিবে ডানদিকের পাল্লা আস্তে আস্তে উঠিতেছে। যখন B চোঙটি জলপূর্ণ হইবে তখন তুলানো আর অভ্যুত্থিক হইবে। B-র অভ্যুত্থিক আয়তন A-চোঙের আয়তনের সমান বলিয়া ইহা প্রমাণ করে যে A-চোঙটির যে ওজন-হ্রাস হইয়াছিল তাহা A চোঙের সম-আয়তন জলের ওজনের সমান।

3-6. আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Application of Archimedes' principle):

আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি নির্ণয় করিতে পারি:

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন।

(খ) পদার্থের ঘনত্ব।

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity)।

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয়:

ধরা যাউ, বস্তুটির দ্বারা ওজন = W_1 । এখন বস্তুটিকে তুলানোয়ের বামপ্রান্তে হইতে হুতা দিয়া তুলানোয়া একটি পাত্রে রক্ষিত জলের ভিতর নিমজ্জিত কর। এই অবস্থায় বস্তুটির ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_2 ।

আর্কিমিডিসের নীতি হইতে আমরা জানি,

$$W_1 - W_2 = \text{বস্তুটির ওজনের আপাত হ্রাস,} \\ = \text{বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন।}$$

যদি সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয় তবে সম-আয়তন জলের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম। কারণ ঘনত্ব 1 গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.। সুতরাং, $(W_1 - W_2)$ গ্রাম জলের আয়তন = $(W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.। যেহেতু, বস্তুটির সম-আয়তন জল অপসারিত করে, সেই হেতু বস্তুটির আয়তন = $(W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.।

যদি এম্. পি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয়, তবে সম-আয়তন জলের ওজন = $(W_1 - W_2)$ পাউণ্ড।

অবস্থান কক্ষ ও আবিষ্কারের নীতি

অবস্থান কক্ষ 62.5 পাউন্ড প্রতি ঘ. ফুটে। সুতরাং $(W_1 - W_2)$ পাউন্ড
 অবস্থান $= \frac{W_1 - W_2}{62.5}$ ঘ. ফু.

যেহেতু, বস্তুটি সমআয়তন জল অপসারিত করে যেহেতু বস্তুটির এক. মি. এস.
 পদ্ধতিতে আয়তন $= \frac{W_1 - W_2}{62.5}$ ঘ. ফু.

(খ) পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় :

পদার্থের ঘনত্ব = $\frac{\text{পদার্থ-নির্মিত বস্তুর ভর}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$

বস্তুর আয়তন পূর্বোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যাবে। সুতরাং 1 ঘ. মি. এস.
 পদ্ধতিতে উক্ত পদার্থের ঘনত্ব $= \frac{W_1}{W_2}$ গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.।

তেমনি এক. মি. এস. পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব $= \frac{W_1}{W_2}$ পাউন্ড প্রতি ঘ. ফু.

$$= \frac{W_1 \times 62.5}{W_2}$$

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

পববর্তী পবিচ্ছেদে বল। ২০৭২২।

3-7. বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন (Flotation and immersion of a body) :

অর্থাৎ জানি যে কোন বস্তুকে ওবনে নিমজ্জিত করিলে বস্তু প্রবৃত্তি
 অনুভব করে। এই প্রবৃত্তি বস্তু কতক স্থানচ্যুত ওবনে ওজনের সমান এবং
 ইহা প্রবৃত্তি-কেন্দ্রে দিয়া উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। এবং নিমজ্জিত বস্তুর ভাবকেন্দ্র
 দিয়া নিম্নমুখী ক্রিয়া করে। সুতরাং বস্তুকে ওবলে নিমজ্জিত করিলে ইহা
 উপর এই দুটি বল এক সঙ্গে ক্রিয়া করে। যদি বস্তুর ওজন হয় W_1
 এবং প্রতি W_2 , তবে বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন সম্পর্কে নিম্নলিখিত তিনটি
 অবস্থার উদ্ভব হতে পারে :

(1) যদি $W_1 > W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্রবৃত্তি অপেক্ষা বেশী।
 এক্ষেত্রে বস্তু ওজন বস্তু কতক অপসারিত ওবলে ওজনের চাইতে বেশী
 হওয়ায় বস্তুটি নীচে দিকে যাবে অর্থাৎ, ওবলে ডুবিয়া যাবে। সাধারণত
 বস্তু যে পদার্থে তৈরী তাহা ঘনত্ব ওবলে ঘনত্ব বেশী হইলে এই বস্তু এই ওবলে

ডুবিয়ে যায়। যেমন এক খণ্ড লোহা বা পাথর জলে ফেলিয়া দিলে জলে ডুবিয়ে যায়।

(2) যদি $W_1 = W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্রবৃত্তার সমান হয় তবে এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের সমান হওয়ার বস্তুটি তরলের ভিতর যে-কোন স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে। সম-আয়তন জল ও অ্যালকোহল মিশ্রিত করিয়া তাহার ভিতর এক কৌটা অলিভ তেল ফেলিয়া দিলে কৌটাটি মিশ্রণের ভিতর যে-কোন স্থানে থাকিবে। এস্থলে মিশ্রণেব ঘনত্ব অলিভ তেলের ঘনত্বের সমান বলিয়াই এরূপ হয়।

(3) যদি $W_1 < W_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্রবৃত্তা অপেক্ষা কম হয় তবে এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের কম বলিয়া উহা উপরমুখী বল অনুভব করিবে। তাহান ফলে বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে। তরলের ঘনত্ব বস্তু যে-পদার্থে নির্মিত তাহাব ঘনত্বের বেশী হইলেই এইরূপ অবস্থার উদ্ভব হয়। যেমন, এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠে।

৪-৪. সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত (Conditions of equilibrium of floating bodies) :

আমরা দেখিলাম যে এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠিবার চেষ্টা কবে, কারণ টুকরাটির ওজন সমতুল্যতন জলের ওজনের চাইতে কম। টুকরাটি যত জলের বাহিরে আসিতে থাকে তত অপসারিত জলের পরিমাণ কমিতে থাকে এবং উপরদাত কমিতে থাকে। টুকরাটি যখন স্থির হইয়া ভাসিবে তখন ইহাব কিয়দংশ জলে ডুবানো থাকিবে এবং বাকী অংশ জলের বাহিরে থাকিবে বাহ্যতে নিমজ্জিত অংশ যে-জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের সমান হইবে। অর্থাৎ, বস্তু স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে নিম্নোক্ত দুইটি শর্ত পূরণ করিতে হইবে :

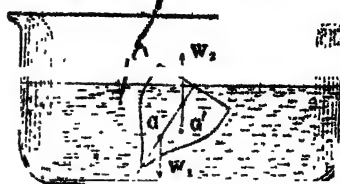
(1) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(2) বস্তুর ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব (vertical) রেখায় থাকিবে।

দ্বিতীয় শর্তটি বুঝাইয়া বলা যাউক। ধর, একটি বস্তুর ভারকেন্দ্র G অর্থাৎ G বিন্দু দিয়া বস্তুর ওজন W_1 নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করিতেছে (ওষ নং

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের সূত্র

চিত্র) এবং G' প্রবর্তা-কেন্দ্র অর্থাৎ G' বিন্দু দিয়া অপসারিত জল ওজন W_2 উপার্জিতমুখী ক্রিয়া করিতেছে। ভাসিবার প্রথম শর্তানুযায়ী $W_1 = W_2$, কিন্তু চিত্র হইতে স্পষ্টই বোঝা যায় যে বিপরীতমুখী সমান দুইটি বল একই লম্ব-বেধায় ক্রিয়া না করিলে বস্তুটি সাম্য অবস্থায় থাকিতে পারে না।



ভাবকেন্দ্র ও প্রবর্তা-কেন্দ্র এক লম্বরেখায় না থাকিলে বস্তু স্থির হইয়া ভাসিবে না।

চিত্র 3য়

অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় থাকিবার জগু G এবং G' একই লম্বরেখায় থাকা অপরিহার্য।

৪-৭. তরলে ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজন-বিশিষ্ট তরল অপসারণ করে (A floating body displaces liquid whose weight is same as the weight of the body) :

এক টুকরা কাঠ লইয়া তুলাঘর্ষেব সাহায্যে ওজন নির্ণয় কর। ৩৬ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে একটা নিগমন নল (exit tube) যুক্ত কাচপাত্র লও এবং উহাতে জল ঢাল যেন জলেব তল নিগমন-নলের মুখ বরাবর থাকে। একটু বেশী জল ঢালা হইলে নল দিয়া অতিরিক্ত জল বাহির



ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তরল অপসারণ করে

চিত্র 3৬

বস্তু হইলে তখন জলসহ বীকান ওজন কর। ইহা হইতে জলেব ওজন পাওয়া যাইবে; দেখিবে যে জলের ওজন কাঠের টুকরার ওজনের সমান হইল। অতরাং ভাসমান অবস্থায় কাঠের টুকরা যে জল অপসারণ করে উহার ওজন টুকরার ওজনের সমান।

হইয়া যাইবে। এভাবে একটা ওজন কবা খালি কাচেব বীকান ই নলের নীচে রাখা যাহাতে নল দিয়া জল পড়িলে জল বাহ্যারে জমা হইতে পারে। এখন আস্তে আস্তে কাঠের টুকরাটিকে বাচপাত্রেব জলে ভা সা শু। খানিকটা জল নির্গমন-নল বাহিয়া বাহ্যারে পড়িবে। এখন জল পড়

10. ভাসনের কয়েকটি উদাহরণ :

(1) বরফ জলে ভাসে কেন ?

সামান্যস্থায় ভাসনের শর্ত আলোচনার সময় আমরা দেখিযাই যে ভাসিতে গেলে বস্তুর কিয়দংশ তরলে নিমজ্জিত থাকে এবং কিয়দংশ তরলের বাহিরে থাকে। কারণ, বস্তুর ওজন সম-আয়তন তরলের ওজনের চাইতে কম। অর্থাৎ ভাসমান বস্তুকে সম-আয়তন তরল অপেক্ষা হাল্কা হইতে হইবে। জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে সেই বরফ জলে ভাসিতে দেখা যায়। ইহার কারণ কি ? ভাসনের শর্ত হইতে ইহাই দাঁড়ায় যে বরফের টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। সত্যিই তাই। দেখা গিয়াছে 1 c. c. বরফের ওজন 92 gm. অথচ 1 c. c. জলের ওজন প্রায় 1 gm। কাজেই বরফে কোন টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। এই কারণে বরফ জলে ভাসে। কোন এক টুকরা বরফকে জলে ছাড়িয়া দিলে ভাসমান অবস্থায় উঠাব আয়তনের $\frac{1}{10}$ ভাগ জলেব ভিতবে এবং $\frac{9}{10}$ ভাগ জলেব বাহিবে থাকিবে, কারণ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে 0°C তাপমাত্রায় 11 cc. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় 12 cc. বরফে পরিণত হয়।

(2) জাহাজ জলে ভাসে কেন ?

এক টুকরা লোহা জলে ডুবিয়া যায়, কিন্তু লোহান চৈন্যাবী জাহাজ তাহার বিপরীত আকৃতি লইয়া জলে ভাসে। ইহার কারণ কি ?

লোহার টুকরাকে যদি এমন আকার দেওয়া যায় যাহাতে টুকরাটি যে-পরিমাণ জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের সমান হয়—তাহা হইলেই টুকরাটি জলে ভাসিবে। আমরা জানি, লোহার ঘনত্ব জলে ভাসে।

জাহাজ জলে ভাসিবার কারণ একই। জাহাজেব তলদেশ স্বতন্ত্রের মত এমন বাকানো যে তলদেশ যথেষ্ট পরিমাণ জল অপসারিত করিতে পারে। ফলে জাহাজ ভনে ভাসিতে পারে। যেমন, কোন জাহাজ যদি 70,000 টন জল অপসারণ করে তবে যাত্রী, মালপত্র এবং জাহাজেব নিজের ওজন সহ মোট 70,000 টন হইলে, ঐ জাহাজ অনায়াসে জলে ভাসিবে।

নদীর জলেব ঘনত্ব সমুদ্রের লবণাক্ত জলেব ঘনত্বের চাইতে কম। কাজেই নদীর জলের প্রবর্তা সমুদ্র জলেব প্রবর্তা অপেক্ষা কম। সেইজন্য কোন জাহাজ সমুদ্র হইতে নদীতে প্রবেশ করিলে জাহাজের বেশী অংশ জলে নিমজ্জিত হয়।

ভাসমান বস্তু ও আকিমিডিসের নীতি

বস্তুকে মোড়ান করা কোন জাহাজ লক্ষ্য করিলে দেখিলে যে উহার গায়ে সাদা রং দিয়া কয়েকটি দাগ দেওয়া আছে। এই দাগগুলিকে প্লিমসল রেখা (Plimsoll lines) বলে। জাহাজে মালপত্র ইত্যাদি এমনভাবে বোঝাই করিতে হইবে যেন জাহাজ এই দাগের বেশী জলে না ডুবিয়া যায়। এই বোঝাগুলির মধ্যে যেটির কাছে 'F'W' লেখা ঐ পর্যন্ত সবাণেকা বেশী ডুবানো চলিবে এবং যেটির কাছে 'W' লেখা সেই পর্যন্ত সবাণেকা কম ডুবানো চলিবে। এই অংশ চালু হইবার পূর্বে জাহাজে মাল বোঝাই করিবার কোন আইন বা নিয়ম ছিল না। ফলে, এমনুজ্ঞে একটু ঝড়-বাদল হইলেই দুর্ঘটনা ঘটিত। ১৮৭৬ খ্রীষ্টাব্দে ক্যাপ্টেন স্যামুয়েল প্লিমসলের আন্দোলনের ফলে আইন গঠন করিয়া জাহাজে মাল বোঝাই সম্পর্কে বাধানিষেধ আবেদন করা হইল এবং প্লিমসল রেখাও প্রচলিত করা হইল।

তল হইতে ভারী কোন বস্তুর ফলে ডায়াইয়া রাখিবার আব একটি উপায় আছে—উপযুক্ত সাহায্যে হালকা অন্য উপায় সহিত যুক্ত করা। ইহাতে বেশী পরিমাণ জল অপসারিত হইবে এবং বেশী উপর্যুত প্রায় হইবে কিন্তু বস্তু স্বয়ং প্রব বেশী বাহিরে না। জীবন-বন্ধ (life-belt, বা বয়লা এই নীতিতে কাজ করে। হালকা বায়ুপূর্ণ পানি দিয়া জীবন-বন্ধ নির্মাণ করা হয় এবং উহার সাহায্যে মানুষ অনায়াসে জলে ভাসিয়া থাকিতে পারে।

(৩) মানুষ সাঁতার কাটে কি করিয়া ?

মানুষের দেহ সম-ভারতন বলিয়া চাইলে হালকা কিন্তু মাথা শুধুনে ভারী, ফলেই দেহ দখলে জলে ভাসে কিন্তু মাথা জলে ডুবিয়া থাকিতে চায়। সেইজন্যই মাথা নাড়িয়া জলে চাপ দিয়া মাথা জলের পানিরে রাখিবে পারা যাইবে না। সাঁতার কাটা। সেইজন্য সাঁতার মানুসের অত্যন্ত প্রয়োজন। শিশিয়া লইতে মাথা নিচু-ভানোবাবেন পক্ষে। ইহা করণ শুধুনে মাথা সম-ভারতন বলে চাইবে হালকা কিন্তু দেহ ওরনে ভারী।

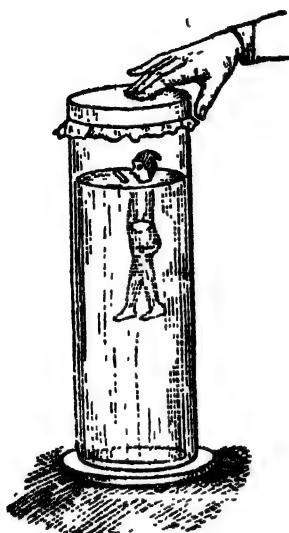
(৪) কার্টেসিয়ান ডাইভার (Cartesian diver) :

এই একটি উদ্ভৌতিক পুতুল এবং ইহা দ্বারা ওরনে চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত শিক্ষারের অস্ত্র এবং ভাসন ও নিমজনের শক্তির সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

ই অংশ জলপূর্ণ একটি লম্বা কাচের চোঙের মুখ একটি ববার টুকরা দ্বারা বন্ধ করিয়া অটুকানো। চোঙের অভ্যন্তরে জলের উপরে অংশ বায়ুপূর্ণ। জলের ভিতর একটি পুতুল বাপা আছে। ইহাকে ডাইভার বা ডুবু বোলে। পুতুলটি ফাঁপা কিন্তু একটি ছোট ল্যাঙ্কের সাহায্যে ভিতরে সঞ্চে বাহিরের সংযোগ আছে। পুতুলটির ভিতরে থানিটো অংশ জগতি এবং বাহিরা

বায়ুপূর্ণ। সাধারণ অবস্থায় পুতুলটির ওজন এমন যে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় উহা জলে ভাসে (3চ'নং চিত্র)।

এখন রবার টুকরাকে হাত দিয়া চাপিলে জলের উপরিস্থ বায়ু সংকুচিত হইবে এবং পাস্কােলের সূত্রানুযায়ী জল এই চাপ পুতুলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে



কার্টেসীয় ডাইভার

চিত্র 35

সঞ্চালিত করিবে। ফলে, পুতুলের অভ্যন্তরের বায়ুও সংকুচিত হইবে এবং খানিকটা জল পুতুলের ভিতরে প্রবেশ করিয়া পুতুলটিকে ভারী করিয়া দিবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হওয়ায় পুতুলটি জলে ডুবিয়া বাইবে। এবাবের উপকাবে চাপ ছাড়িয়া দিলে সর্বত্র এই চাপ কমিয়া যাইবে। সুতরাং পুতুলের ভিতরে বায়ু পুনরায় আয়তনে বাড়িবে এবং অতিরিক্ত জল পুতুল হইতে বাহির করিয়া দিবে। এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন অপসারিত জলের ওজনের

চাইতে হাল্কা। হওয়ায় পুতুলটি পুনরায় জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে।

রবারের টুকরার উপর চাপ নিয়ন্ত্রিত করিলে পুতুলের ভিতরে এমন পরিমাণ জল প্রবেশ করিবে যে পুতুলটির ওজনকাবে ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের সমান হইবে। এই অবস্থায় পুতুলটিকে জলের ভিতর যে-কোন স্থানে বাধা যাইবে।

কাজেই কার্টেসীয় ডাইভার নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দেবে :

(i) তবলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কােলের সূত্র (ii) ভাসন ও নিমজ্জনের নীতি ও (iii) গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility)।

(5) ডুবোজাহাজের (Submarine) কার্যপ্রণালী :

ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত জলের উপর ভাসিতে পারে অথবা জলের নীচে দিয়া যাইতে পারে। ইহার কার্যপ্রণালী কার্টেসীয় ডাইভারের কার্যপ্রণালীর অনুরূপ।

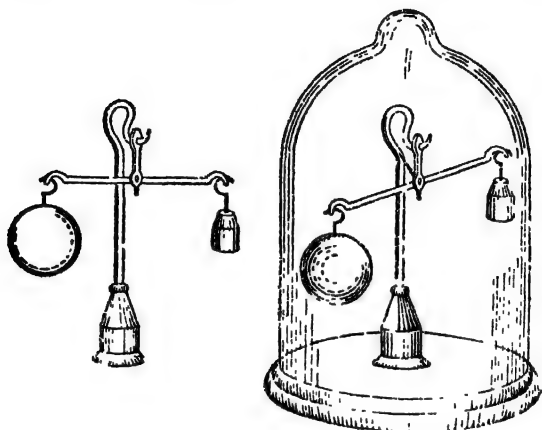
ডুবোজাহাজে কতকগুলি প্রকোষ্ঠ থাকে—ইহাদের Ballast tanks বলা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিকে ইচ্ছামত জলপূর্ণ বা বায়ুপূর্ণ করা যায়। যখন ডুবোজাহাজ ডুবিয়া যাইতে ইচ্ছা করে তখন পাম্প দ্বারা এই প্রকোষ্ঠগুলি জলপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজের ওজন উহার সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হয় এবং জাহাজ জলে ডুব দেয়। আবার ভাসিয়া উঠিতে ইচ্ছা করিলে পাম্প দ্বারা প্রকোষ্ঠেব জল বাহির করিয়া বায়ুপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজটি হাল্কা হয় এবং জলেব উপর ভাসিয়া উঠে।

3-11. বায়ুর প্লবতা এবং বায়ুতে আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Buoyancy of air and application of Archimedes' principle to air):

আর্কিমিডিসের নীতি আলোচনাব সম্বন্ধে তোমরা জানিয়াছ যে কোন বস্তুকে তবলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু একটি উর্ধ্বাঘাত অনুভব করে। এই উর্ধ্বাঘাতকে 'প্লবতা' (buoyancy) বলে এবং ইহা। দ্রুত নির্মাক্তিত বস্তুব ওজন কম বলিয়া মনে হয়। তোমরা আরও জান যে এই উর্ধ্বাঘাত বস্তু যতখানি তরল অপসারণ করে উহাব ওজনের সমান। এই সম্পর্কে তবল ও গ্যাসেব ব্যবহার অবিকল এক বকম। অর্থাৎ, তবলেব গ্রাফ গ্যাসও উপধাত প্রয়োগ করিতে সক্ষম। বায়ু এক প্রকার গ্যাস হওয়ায় বায়ুতে নির্মাক্তিত সকল বস্তুই এই উর্ধ্বাঘাত অর্থাৎ প্লবতা অনুভব করবে। সুতবাং একথা বলা যাইতে পারে যে তলে নিমজ্জিত কদিয়া কোন বস্তুকে ওজন করিলে যেমন উহা বস্তুব প্রকৃত ওজন হয় না—প্রকৃত ওজন অপেক্ষা কিছু কম হয়, তেমনি বায়ুবে মদো কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহাঃ বস্তুব প্রকৃত ওজন হইবে না, প্রকৃত ওজন অপেক্ষা সামান্য কম হইবে। বায়ু খুব হাল্কা বলিয়া সাধারণ ক্ষেত্রে ওজনের এত আভ্যন্তরীণ পোকা যায় না। কিন্তু উপযুক্ত পরীক্ষা-ব্যবস্থাব দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়। অতঃপর আমরা বলিতে পারি যে, তবলের গ্রাফ গ্যাসেব বেনোটেও আর্কিমিডিসেব নীতি প্রযোজ্য। আর্কিমিডিসেব নীতিব সাধারণ সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, কোন বস্তুকে তরলে অথবা বায়বীয় পদার্থে আংশিক বা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুর প্লবতা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা : ৩ছ.নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের তুলাযন্ত্র দেখানো হইয়াছে। ইহাকে ব্যারোস্কোপ (Baroscope) বলে। এই যন্ত্রে কোন তুলাপাত্র নাই— উহার বদলে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। বা বাতাসের বস্তুটি ফাঁপা কাচের গোলক এবং ডানদিকেরটি সীসা বা পিতলের ছোট



(i) ব্যারোস্কোপ (ii) চিত্র ৩৬

গাটখারা। কাচের গোলকের ভ্যলুম (Volume) বেশী হওয়ায় তাই বাতাসের অপেক্ষা বেশী পরিমাণ বায়ু উপস্থাপিত করিবে; কাচের উহার উপর বায়ুর উপস্থাপিত বেশী হওয়ায় অতএব প্রত্যেক দক্ষণ ও উত্তর-দিক কাচের গোলকের বেশী হইবে। অতএব বাতাসের এবং কাচের গোলকটি এমন লওয়া হইল যে বায়ুর ভিত্তি উপস্থাপিত যে আপাত-ওজন (apparent weight) হবে তাহা সমান অর্থাৎ বায়ুর-মধ্যে থাকাকালীন উহার তুলাদণ্ডকে অতুল্যমিক রাখিবে [চিত্র ৩৬ (i) দেখ]। এইবার উহারে বায়ু নিকাশক পাম্পের বেলানীর উপর রাখিয়া একটি বড় কাচপাত্র দিয়া ঢাকিয়া দাও। বেলানী ও কাচপাত্রের ভোডের মুখ ভেস্কান বা মোম দিয়া নিশ্চিহ্ন-ভাবে বন্ধ কর। পাম্পের সাহায্যে কাচপাত্রের ভিতর হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখিবে যে তুলাদণ্ড আর অতুল্যমিক নাই। দণ্ডের যে-প্রান্তে কাচের গোলক আছে সেই প্রান্ত ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে [চিত্র ৩৬ (ii) দেখ]।

উহার কারণ কি? কারণ এই যে বায়ু না থাকতে বায়ুর প্রবতা থাকিবে না; কাজেই গোলক ও বাটখারা এখন উহাদের প্রকৃত ওজন ফিরিয়া পাইবে। কিন্তু প্রবতার দকন গোলকের ওজন-হ্রাস বেশী ছিল বলিয়া উহাব প্রকৃত-ওজন বাটখারার ওজন অপেক্ষা বেশী হইবে (প্রকৃত-ওজন = আপাত-ওজন + প্রবতার দকন হ্রাস-প্রাপ্ত ওজন)। তাই, বায়ু নিষ্কাশন করিয়া লইলে কাচের গোলক ভারী হইয়া নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। কাজেই বলা যায় যে বায়ুশূন্য স্থানে কোন বস্তুও ওজন বায়ুমধ্যে ওজন অপেক্ষা বেশী।

(ক) এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী :
এই বাক্য একটা কথা বোধ হয় তোমরা শুনিয়া থাকিবে। বখাটা তোমাদের কাছে হুবহু গোলমালে মনে হইতে পারে। উভয়েই যদি এক পাউণ্ড হয় তবে একটি অন্যটি অপেক্ষা ভারী হইবে কিংবা? কিন্তু একটু ভাবিলেই এই উক্তিও বাক্যটি কবিত্তে পানিবে। এক পাউণ্ড তুলা বা এক পাউণ্ড লোহা যখন সাধারণত 'আবত' স্থানে বায়ুতে পড়েন বাকি। কিন্তু এই ওজন ত' উহাদের প্রকৃত ওজন নয় বরং 'আপাত' ওজন। এক পাউণ্ড তুলার আয়তন যে পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা অনেক বেশী। কাজেই তুলা বেশী বায়ু অপসারণ করিয়া এবং বেশী উপস্থান অকৃতব কারণে। এত কারণে উহাও ওজন-হ্রাসও বেশী হইবে। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে ওজন করিলে উহাদের প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে এবং বায়ু উপস্থান না থাকায় একমুহূর্তেই তুলা বেশী ভারী হইবে।

(খ) বেলুন উড়ে কেন?

যামস দেখিলাম যে, তবল ও গাসীয় পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে একই বাক্য ব্যবহার করে। তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তু যেমন উপরমুখী হাত অকৃতব বলে যাহার ফলে তবল হতে হাল্কা বস্তু ভাসিয়া উঠিতে চায়, তেমনি বায়ুতে নিমজ্জিত বস্তুও স্থানচ্যুত বায়ু কর্তৃক উপরমুখী হাত অকৃতব করে। স্বাভাবিক বায়ু হতে হাল্কা কোন বস্তু বায়ু মধ্যে ব্যক্তিগে উঠা ভাসিয়া উপরে উঠিতে চেষ্টা করিবে। উহা হইল বেলুন উড়িবার নীতি। তোমরা অনেকই ফানুস উড়ানো দেখিয়াছ। ফানুসে কাগজের আধারে কিছু বায়ু আবদ্ধ রাখা হয় এবং উহার ওলায় আতন ধরাইবার ব্যবস্থা থাকে। বায়ু গরম হইয়া যেহেতু হাল্কা হয় তখন ফানুস উপরে উঠে।

রেলুন নিমিত্ত হয় সিক্স দাপড দাবা। উহাব ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস রাখা থাকে। হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্কা। স্বতরাং রেলুন ফলিয়া

উঠিলে যে-আয়তনের বায়ু স্থানচ্যুত করে উহার ওজন বেলুনের ওজন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় বেলুন অনায়াসে ভাসিয়া উপরে উঠে। খুব বড় সাইজের বেলুন হইলে উহা অনেক বায়ু অপসারণ করিবে এবং উহাতে উদ্ধৃদ্ধাত এত বেশী হইবে যে মানুষ সহ বেলুন উদ্ধৃদ্ধ উঠিতে পারিবে। এই রকমের উদ্ধৃদ্ধ আরোহণের কাহিনী হযত তোমরা শুনিয়া থাকিবে। গ্লেশার এবং কক্সওয়েল নামক দুইজন আরোহী এই প্রকাব বেলুনের সাহায্যে প্রায় 29,000 ফুট উচ্চে আরোহণ কবিয়াছিলেন। একটি কথা মনে রাখিবে যে এই বেলুনের সাহায্যে যত খুশী উচ্চে আরোহণ করা যায় না। কারণ যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুব ঘনত্ব ও চাপ তত কমিয়া যায়। ইহাতে বেলুনের উপর উদ্ধৃদ্ধাত কমিয়া যায়। বেলুনের ওজনের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় পৌঁছিলে বায়ুব উদ্ধৃদ্ধাত বেলুনের ওজনের সমান হইয়া পড়ে। তখন বেলুন আর উপরে উঠে না।

হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়া বেলুনে হিলিয়াম গ্যাসও ভর্তি করা হয়। হাইড্রোজেনেব অস্ববিধা এই যে ইহা দাহ্য পদার্থ—কিন্তু হিলিয়াম দাহ্য পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেনেব স্ববিধা এই যে, ইহা হিলিয়াম অপেক্ষা হালকা।

(গ) বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা (Lifting power of a balloon) :

বেলুন স্থানচ্যুত উঠিলে ইহা যতখানি বায়ু অপসারিত করে উহার ওজন বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ওজন অপেক্ষা বেশী হইলে বেলুন উপরে উঠে ইহা আমরা জানি। এই ছুই ওজনেব পার্থক্যকে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা বলে। নিম্নলিখিত উদ্ভাসে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, বায়ুব ঘনত্ব $= \rho_1$

বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ঘনত্ব $= \rho_2$

বেলুনের বাহিরের আয়তন অর্থাৎ অপসারিত বায়ুর আয়তন $= V_1$

বেলুনের অভ্যন্তরের আয়তন অর্থাৎ অভ্যন্তরস্থ গ্যাসেব $= V_2$

কাজেই, অপসারিত বায়ুর ওজন $= V_1 \rho_1$

এবং বেলুনের গ্যাসের ওজন $= V_2 \rho_2$

অতএব, বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 \rho_1 - V_2 \rho_2$

সাধারণত V_1 এবং V_2 সমান। কাজেই উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 (\rho_1 - \rho_2)$

এই ক্ষমতাব খানিকটা বেলুনের ওজন এবং বেলুনের অভ্যন্তরস্থ আরোহী ও যন্ত্রাদি গাজসবগুলোর ওজন কাটাইবার জন্য ব্যয়িত হয়।

(a) বেগুনে যদি হাইড্রোজেন থাকে, তবে আমরা জানি হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = $0.098 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে, উত্তোলন ক্ষমতা = $V_1 d_1 \times (1 - 0.098)$

$$= V_1 d_1 \times 0.9807.$$

(b) বেগুনে যদি হিলিয়াম থাকে, তবে আমরা জানি হিলিয়ামের ঘনত্ব = $0.1897 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে উত্তোলন ক্ষমতা = $V_1 d_1 (1 - 0.1897)$.

$$= V_1 d_1 \times 0.8618.$$

উদাহরণ :

(1) কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 50 gms., কিন্তু জলের ভিতর ওজন 40 gms। বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 50 gms in air and 40 gms in water. What is its density ?]

উ। বস্তুটির ওজনহ্রাসের অন্তরফল = অপসারিত জলের ওজন

সুতরাং, অপসারিত জলের ওজন = $50 - 40 = 10$ gms.

যেহেতু, জলের ঘনত্ব 1 gm/c c. কাজেই,

$$\text{অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{\text{জলের ওজন}}{\text{জলের ঘনত্ব}} = \frac{10}{1} = 10 \text{ c.c.}$$

সুতরাং, বস্তুটির আয়তন = 10 c.c.

$$\therefore \text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}} = \frac{50}{10} = 5 \text{ gms/c.c.}$$

(2) একখণ্ড লোহার ওজন 275 gms, পানিতে লৌহখণ্ডটি নিজ আয়তনের $\frac{1}{9}$ অংশ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পাবে। পানির ঘনত্ব 13.59 gms/c.c. হইলে লৌহের ঘনত্ব বাণ্ডিব কর।

[A piece of iron weighs 275 gms. It floats in mercury with $\frac{1}{9}$ th of its volume immersed. If density of mercury be 13.59 gms/c.c. calculate the density of iron.]

উ। ধরা যাক, লোহার খণ্ডটির আয়তন = V c.c.

$$\text{সুতরাং, নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\therefore \text{অপসারিত পানির আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\text{অথবা, } \therefore \therefore \text{ওজন} = \frac{5V}{9} \times 13.59 \text{ gms}$$

যেহেতু, লৌহখণ্ডটি ভাসিতেছে,

$$\text{কাজেই } \frac{5V}{9} \times 13.59 = 275$$

$$\text{অথবা, } V = \frac{275 \times 9}{5 \times 13.59} = 36.42 \text{ c.c.}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, লৌহের ঘনত্ব} &= \frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}} = \frac{275}{36.42} \\ &= 7.55 \text{ gms/c.c.} \end{aligned}$$

(3) দুইটি বস্তুকে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে ঝালাইয়া জলে নির্মুক্ত করিলে তুলাদণ্ডটি অসুস্থমিক হয়। একটি বস্তুর ওজন 28 gms ও ঘনত্ব 5.6 gms/c.c., অপর বস্তুটির ওজন 36 gms হইলে উহার ঘনত্ব কত?

[Two bodies balance each other when suspended from the arms of a balance in water. The mass of one is 28 gms and its density is 5.6 gms/c.c. If the mass of the other is 36 gms, what is its density?]

উ। প্রথম বস্তুর ঘনত্ব = d gms/c.c.

জলে নির্মুক্ত অবস্থায় দুই বস্তুর আপাত ওজন সমান।

$$\text{প্রথম বস্তুর আপাত ওজন} = \frac{28}{5.6} = 5 \text{ c.c.}$$

দ্বিতীয় বস্তুর আপাত ওজন = প্রকৃত ওজন - সম-আয়তন জলের ওজন

$$= 28 - 1$$

$$= 23 \text{ gms.}$$

$$\text{তেমনি, দ্বিতীয় বস্তুর আপাত ওজন} = \frac{36}{d} \text{ c.c.}$$

$$\therefore \text{এ বস্তুর আপাত ওজন} = 36 - \frac{36}{d}$$

$$\therefore 36 - \frac{36}{d} = 23$$

$$\text{or, } \frac{36}{d} = 13$$

$$\text{or, } d = \frac{36}{13} = 2.77 \text{ gms/c.c.}$$

(4) 14 cm. ব্যাসের একটি চোঙাকৃতি পাত্রের তলদেশ হইতে 985.6 gms ওজনের একটি তামার খণ্ড ঝুলাইয়া জলে ভাসাইলে পাত্রটি উহাব উচ্চতার 5 cm নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে। যদি খণ্ডটিকে পাত্রের মধ্যে রাখিয়া পাত্রটিকে জলে ভাসানো যায় তাহা হইলে উহাব উচ্চতার কতটা জলে নিমজ্জিত থাকিবে? তামার ঘনত্ব = 9 gms/c.c.

[A cylindrical can 14 cm. in diameter floats in water with 5 cm of its height immersed below the surface of water when a copper block of mass 985.6 gms hangs from its bottom. If the block is now placed inside the can, what height of the can would be below the surface of water?]

উ। প্রথমতঃ, পাত্র এবং খণ্ড উভয়েই তল অপসারণ করিবে এবং ভাসনের শক্তি প্রকৃষ্টায়ী অপসারিত জলের ওজন উভয়ের ওজনের যোগফলের সমান হইবে।

$$\therefore \pi (7)^2 \times 5 + \frac{985.6}{9} = \text{পাত্রের ওজন} + 985.6 \quad \dots (i)$$

দ্বিতীয়তঃ, তামার খণ্ড পাত্রের ভিতরে থাকায় শুধু পাত্র তল অপসারণ করিবে এবং অপসারিত জলের ওজন পাত্র ও তামার খণ্ডের ওজনের যোগফলের সমান হইবে।

$$\therefore \pi (7)^2 \times h = \text{পাত্রের ওজন} + 985.6 \quad \dots (ii)$$

[h = পাত্রের যে-উচ্চতা জলে নিমজ্জিত]

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ দুইতে আমবা লিখিতে পারি,

$$\pi (7)^2 \times h = \pi (7)^2 \times 5 + \frac{985.6}{9}$$

$$\text{or, } \pi (7)^2 \{h - 5\} = \frac{985.6}{9}$$

$$\text{or, } \frac{22}{7} \times 7 \times 7 \{h - 5\} = \frac{985.6}{9}$$

$$\therefore h - 5 = \frac{985.6}{9 \times 22} = 0.71$$

$$\therefore h = 5.71 \text{ cm.}$$

(5) 100 c.c. আয়তনের এবং 0.85 gm/c.c. ঘনত্বের একটি বস্তু জলে ভাসিছে। জলের উপর 0.8 gm/c.c. ঘনত্বের একটি তরল পদার্থ ঢালা হইল বাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণ আবৃত হয়। বস্তুটির কত আয়তন এখন জলে ডুবিয়া আছে?

[A body of density 0.85 gm./c.c. and of volume 100 c.c. floats in water. Oil of density 0.8 gm/c.c. is poured on water just enough to cover the body. What volume of the body would be now under water?]

উ। বস্তুর ওজন = আয়তন \times ঘনত্ব = $100 \times 0.85 = 85$ gms.

ধন, বস্তুর V c.c. আয়তন জলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং $(100 - V)$ c.c. আয়তন তরলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং ভাসনের শর্ত হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$85 = V \times 1 + (100 - V) \times 0.8$$

$$= V + 80 - 0.8V$$

$$\text{or, } 0.2V = 5 \quad \therefore V = 25 \text{ c.c.}$$

(6) 2 cm. বর্গের প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি সুষম কাঠের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 20 cm এবং উজ্জ্বল একপ্রান্তে 1 c.c. সীসা আটকানো আছে। দণ্ডটিকে জলে ভাসাইলে দৈর্ঘ্যের 7.4 cm. জলের বাহিরে থাকিবে। দণ্ডটি জলে স্থির হইয়া ভাসিতে থাকে। সীসার ঘনত্ব 11.4 gms/c.c. হইলে কাঠের কত?

[A uniform rod of wood, 2 cm. square and 20 cm. long has 1 c.c. of lead of density 11.4 gms/c.c fixed at one end. When floated in water, the rod comes to rest with 7.4 cm of its length above the surface. Find the density of wood.]

উ। দণ্ডটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = $2 \times 2 = 4$ sq. cm.

দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের যতটা জলে নিমজ্জিত তাহা = $20 - 7.4 = 12.6$ cm.

সুতরাং অপসারিত জলের আয়তন = $4 \times 12.6 = 50.4$ c.c.

এ জলের ওজন = $50.4 \times 1 = 50.4$ gms. [জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

ধরা যাউক, কাঠের ঘনত্ব = ρ gms/c.c.

কাজেই এ দণ্ডের ওজন = $4 \times 20 \times \rho = 80 \rho$ gms.

সীসার ওজন = 1×11.4 gms.

দণ্ড ও সীসার মোট ওজন = $80 \rho + 11.4$ gms.

অতএব, ভাসনের শর্তানুযায়ী,

$$50.4 = 80 \rho + 11.4$$

$$\text{or, } 80 \rho = 39$$

$$\therefore \rho = \frac{39}{80} = 0.48 \text{ gm/c.c.}$$

(7) 21 lbs ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকানো আছে। সূতাটি 20 lbs টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে বুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে? লোহার ঘনত্ব $= 7.2 \times 62.5 \text{ lbs/c. ft.}$

[A lump of iron weighing 21 lbs is tied with a piece of thread. The thread can bear a tension of 20 lbs. If the lump be put in water being suspended by the thread what volume of the lump would remain in water so that the thread may just bear the tension? Density of iron is $7.2 \times 62.5 \text{ lbs/c. ft.}$]

উ। এস্থলে টুকরাটির আয়তনের এমন অংশ ডুবিয়া থাকিবে যাহাতে টুকরার আপাত ওজন 20 lbs হয়।

সূতবাং উহার প্রসোজনীয় ওজন হার = 1 lb = অপসারিত জলের ওজন

$$\therefore \text{অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{1}{62.5} \text{ c. ft.}$$

$$[\text{জলের ঘনত্ব} = 62.5 \text{ lbs/c. ft.}]$$

$$\text{অর্থাৎ, বস্তুর নিমজ্জিত আয়তনের পরিমাণ} = \frac{1}{62.5} \text{ c. ft.}$$

$$\text{এখন, বস্তুর পূর্ণ আয়তন} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব}} = \frac{21}{7.2 \times 62.5} \text{ c. ft.}$$

$$\text{বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{1}{62.5} : \frac{21}{7.2 \times 62.5}$$

$$= \frac{7.2}{21} = 0.343 \text{ (প্রায়)।}$$

(৪) একটি ফাঁপা গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাস যথাক্রমে ৪ এবং ১০ cms ; গোলকটি ১.৫ gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন একটি তরলে ঠিক ভুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A hollow spherical ball whose internal and external radii are ৪ and ১০ cms. respectively is found to float in a liquid of density ১.৫ gms/c.c. just fully immersed. What is the density of the material of the ball ?]

উ। গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে ৪ এবং ১০ cms.

এখন, গোলকটির বাহিরের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi(5)^3$ c.c.

এবং ভিতরের ফাঁপা অংশের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi(4)^3$ c.c.

$$\begin{aligned}\therefore \text{গোলকের উপাদানের আয়তন} &= \frac{4}{3}\pi(5)^3 - \frac{4}{3}\pi(4)^3 \\ &= \frac{4}{3}\pi \times 61 \text{ c.c.}\end{aligned}$$

দব, গোলকের উপাদানের ঘনত্ব = ρ

কাজেই, গোলকের ভর = উপাদানের আয়তন \times উপাদানের ঘনত্ব

$$= \frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho \text{ gms}$$

এখন, গোলকটি ঠিক ভুবিয়া ভাসে বলিয়া স্থানচ্যুত তরলের ভর

= গোলকের বাহিরের আয়তনের সমতুল্যতরলের তরলের ভর

$$= \frac{4}{3}\pi(5)^3 \times 1.5 \text{ gms}$$

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

গোলকের ভর = স্থানচ্যুত তরলের ভর

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho = \frac{4}{3}\pi(5)^3 \times 1.5$$

$$\therefore \rho = \frac{125 \times 1.5}{61} = 3.07 \text{ gms/c.c. (প্রায়)}$$

(৭) একটি বাক্সের আয়তন ২০০ litres এবং উহার উপাদানের ঘনত্ব ০.৭৫ gm/c.c. , সমুদ্র-তলে ঝাটকানো একটি হালকা শিকলের সাহায্যে বয়টিকে জলের মধ্যে নিমজ্জিত অবস্থায় আসাওয়া বাখা হইয়াছে। উহাতে শিকলের উপর কত টান পড়িতেছে ? সমুদ্রজলের ঘনত্ব = ১.০২ gm/c.c.

[A buoy of volume ২০০ litres and density ০.৭৫ gm/c.c. is fully immersed in sea-water of density ১.০২ gm/c.c., being anchored to the sea-bottom by a light chain. What is the tension in the chain ?]

$$\text{উ। স্থানচ্যুত সমুদ্রজলের আয়তন} = 200 \text{ litres} = 200 \times 1000 \text{ c.c.} \\ = 2 \times 10^5 \text{ c.c.}$$

$$\text{ঐ জলের ওজন} = 2 \times 10^5 \times 1.02 \text{ gm} = 204,000 = 204 \text{ kgm.}$$

$$\text{বয়্যার ওজন} = 2 \times 10^5 \times 0.95 = 190 \text{ kgm.}$$

$$\text{ফাজেই, শিকলের উপর টান} = (204 - 190) = 14 \text{ kgm. wt.}$$

সারাংশ

কোন বস্তু আংশিক বা পূর্ণপূর্ণভাবে তবলে বা বায়বীয় পদার্থে নিমজ্জিত থাকিলে ইহা উর্ধ্বাভিমুখী ঘাত অনুভব করিলে। এই ঘাত বস্তুটি যে-আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করিবে তাহার ওজনের সমান হইবে। এই উর্ধ্বাভিমুখী ঘাতকে প্রগতি বলে। স্থানচ্যুত তরলের বা বায়বীয় পদার্থের ভাবকেন্দ্রে প্রবর্তা-বল বলে।

আর্কিমিডিসের নীতি :

কোন বস্তুকে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে আংশিক অথবা পূর্ণপূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে বস্তু ও তরলের আপাত-ভ্রাস হয় এবং এট ভ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল অথবা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ :

- (i) জসম অকৃত্তিক বস্তুর আয়তন নির্ণয়।
- (ii) পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয়।
- (iii) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়।

বস্তু ভাসমান ও নিমজ্জন :

যদি বস্তুর ওজন W_1 ও প্রগতি W_2 হয় তবে,

- (i) বস্তু তরলের উপরে থাকিবে যদি $W_1 > W_2$,
- (ii) বস্তু তরলের ভিতরে যে-কোন স্থানে থাকিবে যদি $W_1 = W_2$,
- (iii) বস্তু ভাসিবে উঠিবে যদি $W_1 < W_2$,

পরিমাপক ভাসনের শর্ত :

(i) বস্তুটির এমন অংশ তরলের নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(ii) বস্তুটির ভাসকেন্দ্র ও প্রগতি-কেন্দ্র একই বিন্দু বোঝায় থাকিবে।

আর্কিমিডিসের নীতি গ্যাসের বেলাতেও প্রযোজ্য। ইহা বায়বোৎক্ষেপ বস্তুর সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

প্রশ্নাবলী

1. (আর্কিমিডিসের নীতি কি?) এই নীতির পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[What is Archimedes' principle? Describe its experimental verification.]

[of. H. S. Exam. 1960, '68 (Comp), 1963]

2. আপাত ওজন এবং প্রকৃত ওজন বলিতে কি বোঝ? কোনটি বেশী এবং কেন?

[What do you mean by apparent weight and real weight? Which one is greater and why?]

[of. H. S. (comp) 1963]

3. আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া কোন অসম আকৃতির বস্তুৰ আয়তন ও ঘনত্ব ক্রমে নির্ণয় করিবে?

[How would you determine the volume and density of a body of irregular shape by applying Archimedes' principle?]

[of. H. S. Exam., 1960]

4. একটি বস্তুৰ আয়তন 86 c. c., বস্তুটি উঠাব আয়তনের $\frac{3}{4}$ অংশ ভলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। বস্তুটির ওজন ও ঘনত্ব কত?

[The volume of a body is 86 c. c. and it can float in water with $\frac{3}{4}$ th of its volume immersed. What are the weight and density of the body?]

[Ans. 27 gms; 0.75 gm/c. c.]

5. একগুণ কাঠের টুকরা দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 8 cm. যদি টুকরাটি উচ্চতার $\frac{2}{5}$ cm জল নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে তবে উঠাব ওজন এবং ঘনত্ব কত?

[A piece of wood is 5 cm long, 4 cm broad and 8 cm high. If it floats in water with $\frac{2}{5}$ cm of its height immersed, what will be the weight and density of the piece?]

[Ans. 50 gms; 0.88 gm/c. c.]

6. 1000 litres আয়তনবস্তু এবং 950 kgm ওজনের একটি বস্তুকে সমুদ্রতলে আটকানো একটি শিকলেব সাহায্যে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় রাখা হইবে। সমুদ্রতলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.02 হইলে শিকলের উপর কত টান পড়িতেছে নির্ণয় কর। শিকলের ওজন উপেক্ষণীয়।

[A buoy of volume 1000 litres and weighing 950 kgm is fully immersed in sea-water of sp. gravity 1.02, being anchored to the sea-bottom by a chain. What is the tension on the chain? Ignore the weight of the chain.]

[H. S. (comp) 1963] [Ans. 70 kgm. wt]

7. একটি বস্তু নিজ আয়তনের $\frac{3}{4}$ অংশ ভলে বাহিরে বাহিরে ভাসিতে পারে। ঐ বস্তুটিকে 1.2 gms/c. c. ঘনত্বসম্পন্ন অল্প একটি তরলে ভাসাইলে উঠাব আয়তনের কত অংশ ঐ তরলের বাহিরে থাকিবে?

[A substance can float in water with $\frac{3}{4}$ th of its volume projecting. What portion of its volume will project if it floats in another liquid of density 1.2 gms/c.c.]

[Ans. $\frac{1}{4}$]

৪. নিম্নলিখিত প্রায়ত্ত্বলি ব উত্তর পৰিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও :—

- একটি ভারী পাথরকে জলের তিভব সহজে সৰানো যায় কেন ?
- নদীৰ জলে সাঁতাৰ কাটাৰ চাইতে সমুদ্রে-জলে সাঁতাৰ কাটা সহজ কেন ?
- সমুদ্র-জল হইতে নদী-জলে আসিলে জাহাজ বেশী ডোবে কেন ?
- লৌহখণ্ড জলে ডোবে কিন্তু লোহাব তৈরী জাহাজ জলে ভাসে কেন ?
- বিশুদ্ধ জলে ডিম ডোবে কিন্তু তাঁত লবণাক্ত জলে ভাসে কেন ?
- খেলনাৰ বেৰুন হাইড্রোজেন ভৰ্তি কৰিলে চাপে গিয়া ঠেকে, কিন্তু কাৰ্বন ডাই-অক্সাইড

ভৰ্তি কৰিলে যেনেতে পড়িয়া থাকে কেন ?

- মিশ্ৰস্ৰু বৈখ্যন্তলিতে সমুদ্রজল এবং বিশুদ্ধ জলৰ জঙ্ক ভিন্ন ভিন্ন নীতি থাকে কেন ?

[Answer the following questions carefully :—

- Why is it easier to lift a heavy stone under water ?
- Why is it easier to swim in sea-water than in river-water ?
- Why does a ship sink lower into water when it sails from sea into river ?
- Why does a lump of iron sink while a ship made of iron floats in water ?
- Why does an egg sink in pure water but floats in a strong solution of salt ?
- Why toy balloons, if filled with hydrogen, would rise to the ceiling, but if filled with carbon dioxide would sink to the floor ?
- Why in Plimsoll mark there are different lines for loading in sea water and in fresh water ?

৯. ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলি বুঝাইয়া দাও। তৈব হইয়া ভাসিতে গেল বস্তুটির কি কৰা প্রয়োজন ?

[Explain the conditions of floatation and immersion. What should a body do to float at rest in a liquid ?]

10. কার্টিসিয় ডিভোর বর্ণনা কব ও উহাৰ কাযপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। উহাৰ কাৰ্যনীতিব কোন আধুনিক প্রয়োগ তোমাব জানা আছে ?

[Describe the 'Cartesian diver' and explain how it acts. Do you know of any modern appliance which is based on this principle ?]

11] একটি বস্তুৰ ব্যুত্বে ওজন ৪৫ gms, কিন্তু জলে ওজন ২৪ gms; বস্তুটির ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 45 gms in air and 24 gms in water. What is its density ?]

[Ans. 5 gms/cc]

12. একটি আয়তাকার কাঠের ফলক দৈর্ঘ্যে 4 ft, প্রস্থে 4 ft এবং উচ্চতায় 18 inches উহাৰ ওজন 600 lbs; সমুদ্র-জলের ঘনত্ব 65 lbs/c ft হইলে প্রমাণ কব যে ফলকটি সমুদ্র-জলে ভাসিবে। নূনতম কত ওজন ফলকের উপর চাপাইলে উহা ঠিক ডুবিয়া যাহবে ?

[A rectangular wooden slab is 4 ft long, 4 ft broad and 18 inches high. It weighs 600 lbs. Density of sea-water being 65 lb/c. ft. ; prove that the slab will float in sea water. What is the minimum weight to be placed on the slab so that it just sinks ?]

[Ans. 960 lbs.]

13. একটি তুলাদণ্ডে দুই প্রান্তে হইতে দুইটি বস্তুকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে অনুভূতিক থাকে। একটি বস্তু 82 gms ও ঘনত্ব 8 gms/c.c.; অপরটির ঘনত্ব 5 gms/c.c. হইলে উহা বস্তুটির ওজন কত?

[The beam of a balance remains horizontal when two bodies suspended from the ends are kept immersed in water. The mass of one of them is 82 gms and density is 8 gms/c.c. The density of the other being 5 gms/c.c., what is its mass?] [Ans. 95 gms.]

14. 0.9 gm/c.c ঘনত্বের এক বস্তু কাঠ এবং 2.7 gms/c.c ঘনত্বের 10 gms ভরের এক টুকরা অ্যালুমিনিয়াম এক সঙ্গে বাঁধিয়া দেয়া যায় যে উহা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসিতে পারে। কাঠের টুকরার আয়তন নির্ণয় কর।

[A piece of wood (density = 0.9 gm/c.c.) and a piece of aluminium (density = 2.7 gm/c.c.) weighing 10 gms. when tied together are found to float just immersed in water. Calculate the volume of the piece of wood.] [Ans. 68 c.c.]

15. একটি কাঠের বস্তুকে প্রত্যেক পাশেই দৈর্ঘ্য 4 cm এবং উচ্চতা ওজন 48 gm; স্রাব্যতানে এই বস্তুটি ভাসিতে থাকে। উপরিতল অনুভূতিক তল ওইতে 1.6 cm উচ্চতায় থাকে। স্রাব্যতানের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A cube of wood whose edge is 4 cm. weighs 48 gms. When this cube is floated in glycerine, it is found that upper horizontal face is 1.6 cm. above the surface. Find the density of glycerine.] [Ans. 1.25 gm/c.c.]

16. একটি বাঁধা গোলকটি ভিতরে বাস 1 cm. এবং বাহ্যিক বাস 12 cm 1.2 gm/c.c. ঘনত্বের স্রাব্যতানে ভাসিতে থাকে। গোলকটির উপরিতল ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A hollow sphere has an internal and external diameter of 10 cm. and 12 cm. respectively. It floats in a liquid of density 1.2 gm/c.c. just fully immersed. Determine the density of the material of the sphere.]

[Ans. 2.84 gms/c.c.]

17. খাড়া দেওয়ালবিশিষ্ট একটি প্ল্যাটফর্মের আয়তাকার (500 ft. x 10 ft.)। প্ল্যাটফর্মের এক পাশে 6 ft গভীরে ডুবিয়া আছে এবং 4.54 ft জলের বাহিরে আছে। তখন প্ল্যাটফর্মের উপরিতল জল ঢুকিতে লাগিল। প্রতি মিনিটে 100 gallons জল ঢুকিলে কতক্ষণ পরে প্ল্যাটফর্মটি জলে ডুবিয়া যাইবে?

[A pontoon with perpendicular sides has a rectangular base 500 ft by 10 ft. It is loaded so that the base is submerged to a depth of 6 ft and 4.54 ft. of the pontoon remains above water. It commences to leak taking 100 gallons of water per minute. How long will it be before it sinks?]

1 c. ft = $\frac{28.31}{4.54}$ gallons]

[Ans. 28½ hrs. (প্রায়)]

18. আর্কিমিডিসের নীতি কি গ্যাসের বেলায় প্রযোজ্য? পৰীক্ষা দ্বারা ব্যাখ্যা কর।
'এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড সোনা অপেক্ষা বেশী ভারী'—এই উক্তিৰ বখাৰ্খতা ব্যাখ্যা কৰ।

[Is Archimedes' principle applicable to gases? Explain with suitable experiment. 'A pound of cotton is heavier than a pound of lead'—Justify this statement.]
[H. S (Comp) 1962]

19. পিতল নিৰ্মিত বাটখাবাব সাহায্যে একটি হুম্ব তুলাবহে এক টুকরা দস্তা ওজন কৰিয়া দেখা গেল যে প্রাপ্ত-ওজন টুকরাটির প্রকৃত-ওজন অপেক্ষা কম হইতেছে; অথচ অ্যালুমিনিয়াম নিৰ্মিত বাটখাবাব সাহায্যে ওজন কৰিলে দেখা যায় প্রাপ্ত-ওজন প্রকৃত-ওজন অপেক্ষা বেশী হইতেছে। এজন্য হইবার কারণ কি? (দস্তার ঘনত্ব=7.2; পিতলের ঘনত্ব=8.5; অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব=2.6 gms/cc)

[A piece of zinc, when weighed on a sensitive balance, appears to weigh less than its true weight if brass weights are used, but more than its true weight if aluminium weights are used. Why does it happen? Densities : zinc=7.2; brass=8.5; aluminium=2.6 gms/cc]

[Objective Type Questions]

20. নিম্নের গুলো প্রশ্নের সঙ্গত পূরণ কর :-

- (i) কোন বস্তু তখন তালে ভাসিবে অথবা ডুবে যাবে—এটি নির্ভর করে উভয়ই—
অনুভব করে।
- (ii) তাল প্রায় উষ্ণ হয়—
হ্যাঁ—বলে।
- (iii) বস্তু ঝড়ের প্রাচীরে তলে ডুবে যাবে—
হ্যাঁ—বলে।
- (iv) কোন বস্তু তলে ভাসিলে বস্তুটির এমন অংশ তলে—
ডুবে যাবে যাতে অপসারিত
প্রবল ওজন প্রকৃতির ওজন—হয়।
- (v) বস্তু উপর দিকে ভাসবে—
হ্যাঁ—বলে।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়

[Specific gravity and its determination]

4-1. আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) :

সম-আয়তনেব বিভিন্ন দ্রব্য বিভিন্ন রকমের ভারী। যেমন, এক ঘন সেন্টিমিটার সোনা এক ঘন সেন্টিমিটার তামা অপেক্ষা ভারী। জলকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সম-আয়তন জল অপেক্ষা কোন্ বস্তু কতগুণ ভারী তাহা দ্বাৰাই ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝানো হয়। যথা, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.32—ইহাব অর্থ এই যে, একখণ্ড সোনা সম-আয়তন জল অপেক্ষা 19.32 গুণ ভারী।

কাজেই 'S' যদি কোন পদার্থের (কঠিন বা তরল) আপেক্ষিক গুরুত্ব ধরিয়া লওয়া যায় তবে,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

[**উদ্য :** জলের ঘনত্ব তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। দেখা গিয়াছে যে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। আপেক্ষিক গুরুত্ব বিচারে সম-আয়তন জলের 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় যে ওজন তাহাটি ধরা হয়। কিন্তু খুব ক্ষুদ্র মাপের প্রয়োজন না হইলে তাপ-মাত্রার উল্লেখের বিশেষ প্রয়োজন পড়ে না।]

আপেক্ষিক গুরুত্বের উপরোক্ত সংজ্ঞায় বস্তুটির যে কোন আয়তন লইলেই চলে। ধরা যাউক, বস্তুটির একক (unit) আয়তন লওয়া হইল। অতএব,

$$S = \frac{\text{একক আয়তন বস্তুর ওজন}}{\text{একক আয়তন জলের ওজন}}$$

কিন্তু একক আয়তনের ওজনের দ্বারাও ঘনত্ব বলে। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব দুইটি ঘনত্বের ভাগফল হওয়ায়, আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক (unit) নাই। বস্তু কখন ইহাকে আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density) বলা হয়।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. কাজেই এই পদ্ধতিতে $S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{1}$; অর্থাৎ, এই পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্বের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান একই। কিন্তু এক. পি. এস. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 62.5 lbs/c. ft.

সুতরাং $S = \frac{\text{এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব}}{62.5}$

অথবা, $S \times 62.5 = \text{পদার্থের ঘনত্ব (এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে)}$

[আপেক্ষিক গুরুত্বের তাপমাত্রা সংশোধন (Temperature correction of specific gravity) :

পূর্ব উল্লেখ করা হইয়াছে যে পদার্থের একটিই আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে 4°C তাপমাত্রায় সম-আয়তনের জল লইয়া পরীক্ষা করিতে হয়। কিন্তু পরীক্ষা-কারী চালাইবার সময় তাপমাত্রা ভিন্ন থাকে। সুতরাং প্রায় ৩২°C হইতে ৩৮°C তাপমাত্রায় কিরূপে নির্ণয় করিতে পারা যায় তাহা নির্ণয় করা যাইবে। ৩২°C তাপমাত্রায় সংশোধন করিতে হইবে। এই তাপমাত্রা সংশোধন নিম্নলিখিতরূপে করা যাইবে। মনে কর, পরীক্ষার সময় জলের তাপমাত্রা 1°C.

এখন পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' হইলে, আমরা জানি,

$$S = \frac{\text{দ্রব ওজন}}{4^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

এই সম-আয়তন নিম্নলিখিতভাবে বুঝিয়া লেখা যায়,

$$S = \frac{1^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}}{\frac{\text{দ্রব ওজন}}{1^\circ\text{C তাপমাত্রায় জলের ওজন}}}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের এবং অংশ পরীক্ষার তাপমাত্রায় পদার্থের নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং দ্বিতীয় অংশ 1°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব। অতএব,
 $S = \text{নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব} \times 1^\circ\text{C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব।}$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব গত ২য় তাহ্যে একটি তালিকা (Table) দাখ। কাজেই এই তালিকা হইতে পরীক্ষার তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব জানিয়া উহা দ্বারা নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্বকে গুণ করিলে পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে।]

4.2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের তফাৎ (Difference between sp. gravity and density).

(1) আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র এবং ইহার কোন একক নাই, কিন্তু ঘনত্ব তাহা নয়। ঘনত্বের নির্দিষ্ট একক আছে।

(2) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 হইলে সোনার ঘনত্ব 19 gms/c.c.

(3) এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান এবং আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান নয়। আপেক্ষিক গুরুত্বকে 62.5 দিয়া গুণ করিলে ঘনত্ব পাওয়া যায়। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 কিং এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব = $19 \times 62.5 \text{ lbs., c. ft.}$

4-3. আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Practical determination of specific gravity) :

কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে। এই উপায়গুলি নিম্নরূপ :

- (1) উদভৌতিক তুলা (Hydrostatic balance) দ্বারা ,
- (2) ভাসন পদ্ধতি (Floatation method) দ্বারা ,
- (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা ,
- (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল (Specific gravity bottle) দ্বারা ,
- (5) হেফার্ডস দ্বারা ।

4-4. উদভৌতিক তুলা দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

(1) কঠিন পদার্থ যখন তরল অপেক্ষা ভারী এবং জলে দ্রবণীয় নয়, যথা--লোহা, পানির ইত্যাদি (Solid heavier than and insoluble in water) :

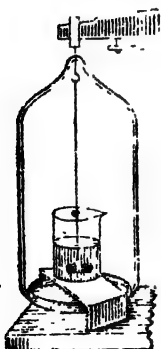
অবিসময়ঃ পদার্থ ও বস্তু লব্ধ এবং তুলা দ্বারা বস্তুটির বায়ুতে ওজনের বাহ্যিক করা হয়, এই ওজন W_1 , চিত্রে (১) এর (২) থেকে দেখানো হইয়াছে একপা ওয়ে। ডুপটো বস্তু ওজন বাহ্যিক কর। ধর, এই ওজন W_2 .

অনিমিডিসেব নীতি অনুযায়ী,

$W_1 - W_2 =$ অপসারিত সম-আয়তন জলের ওজন।

সুতরাং, কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$S = \frac{\text{বস্তু ওজন}}{\text{সম আয়তন জলের ওজন}} \\ = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$



চিত্র ৪৫

(2) কঠিন পদার্থ যখন জলে দ্রবণীয় ; যথা—কটকিরি, মিছরি, ইত্যাদি।

এস্থলে এমন একটি তরল পদার্থ লইতে হইবে যাহাতে কঠিন পদার্থটি দ্রবণীয় নয়। যেমন, কটকিরি বোলাতে কেরোসিন তেল লইলে চলিবে।

সুবিধামত বস্তুব একটি খণ্ড লও এবং বায়ুতে উহার ওজন বাহির কর। ধব এই ওজন W_1 । অতঃপর 4ক নং চিত্রেব মত ব্যবস্থা কবিয়া বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন বাহির কর। ধব, এই ওজন W_2 ।

সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density)—

$$S_2 = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

যদি কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব S_1 এবং তরলের আপেক্ষিক S_2 হয় তবে,

$$S = S_2 \times S_1 = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \times S_1$$

[4ক নং চিত্রে—

বস্তু ওজন W_1 সদ-আবস্থান ওবলৈব ওজন
 সন-আবস্থান ওবলৈব ওজন সন-আবস্থান ওবলৈব ওজন
 তরলে তুলনায় বস্তু আপেক্ষিক ঘনত্ব তরলে আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= S_2 \times S_1]$$

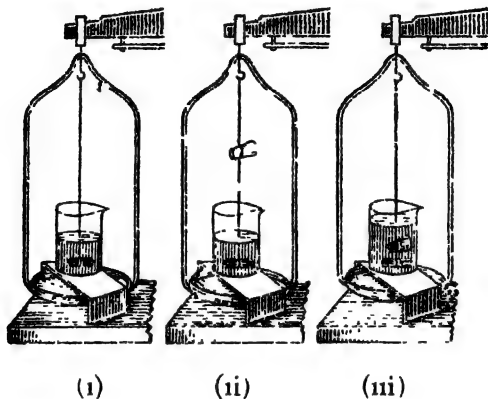
(3) কঠিন পদার্থ জলে দ্রবণীয় নয় কিন্তু জল অপেক্ষা হাল্কা।
 যথা—বর্ক, মেরো ইত্যাদি।

সুবিধামত বস্তুব একটি টুকরা লও।

জলের চাইতে হাল্কা হওয়াতে বস্তুকে জলে পূর্ণ নিমজ্জিত করিবার জন্য একটি ভারী বস্তু সাহায্য লইতে হইবে। ইহাকে নিমজ্জক (sinker) বলে। এক খণ্ড লোহার টুকরা হইলেই চলিবে।

প্রথমে লোহার টুকরাটিকে জলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন লও [4খ (1) নং চিত্রে)। ধব, এই ওজন W_1 ।

তারপর এই নিমজ্জককে এবং বস্তুকে এমনভাবে তুলানো হইতে ঝুলাও যে বস্তুটি বায়ুতে থাকে কিন্তু নিমজ্জকটি জলে ডুবিয়া থাকে [4খ (ii) চিত্র]। এই অবস্থায় উহাদের ওজন বাহির কর এবং ধরা যাউক, ইহা W_2 .



চিত্র 4খ

পরে নিমজ্জক ও বস্তুটি একসঙ্গে স্ফূর্তায় বাধিয়া জলে ডুবাইয়া ওজন বাহির কর [চিত্র 4খ (iii)]। এখন, এই ওজন W_3 .

সুতরাং, লেখা যাইতে পারে

$$\text{জলে নিমজ্জকের ওজন} = W_1$$

$$\text{নিমজ্জক জলে ও বস্তু বায়ুতে বাধিয়া ওজন} = W_2$$

$$\text{নিমজ্জক ও বস্তু উভয়কে জলে বাধিয়া ওজন} = W_3$$

$$\text{সুতরাং } W_2 - W_1 = \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন}$$

$$\text{এবং } W_2 - W_3 = \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন} - \text{বস্তু জলে ডুবে গেলে ওজন}$$

$$= \text{বস্তুর সম-আয়তনের জলের ওজন}.$$

$$\text{সুতরাং, কঠিন বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব } S = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$$

(4) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

এক্ষেত্রে এমন একটি কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে এবং উক্ত তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল ও উক্ত তরল পদার্থ অপেক্ষা ভারী।

$$\text{ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন} = W_1$$

$$\text{,, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন} = W_2$$

$$\text{,, তরলে ,, ,, ,, } = W_3$$

সুতরাং অপসারিত জলের ওজন $= W_1 - W_2$

এবং " তরলের " $= W_1 - W_3$

যেহেতু একই বস্তু জলে ও তরলে ডুবানো হইল কাজেই অপসারিত জল ও তরলের আয়তন সমান, কারণ প্রত্যেকেই বস্তুর আয়তনের সমান।

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব } S &= \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} \\ &= \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2} \end{aligned}$$

উদাহরণ:

(1) একটি ধাতব বস্তুর বায়ুতে ওজন 35 gms এবং জলে পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন 30 gms. এই ধাতব আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A metallic substance weighs 35 gms in air and 30 gms in water. What is the specific gravity of the metal ?]

উ। অপসারিত সম আয়তন জলের ওজন $= 35 - 30 = 5$ gms.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, ধাতব আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} \\ &= \frac{35}{5} = 7 \end{aligned}$$

(2) একগুণ কর্কের বায়ুতে ওজন 2 gms. একটি নিমজ্জকের জলে ওজন 50 gms. যখন নিমজ্জক ও কর্কটি একসাথে জলে ডুবাইয়া ওজন করা হইল তখন দেখা গেল উহা 44 gms কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A piece of cork weighs 2 gms. in air and a piece of sinker weighs 50 gms. in water. When the substance and the sinker are weighed together in water, it was 44 gms. Find the sp. gravity of cork.]

উ। নিমজ্জকের জলে ওজন $(W_1) = 50$ gms.

নিমজ্জক জলে + কর্ক বায়ুতে এই অবস্থায় ওজন $(W_2) = 2 + 50$
 $= 52$ gms.

" " + কর্ক জলে " " " $(W_3) = 44$ gms.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \\ &= \frac{52 - 50}{52 - 44} = \frac{2}{8} = 25 \end{aligned}$$

(3) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 36 gms. কিন্তু কোন তরলে ডুবাইলে ওজন হয় 31.96 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.26 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A body weighs 36 gms. in air but weighs 31.96 gms. in a liquid. If the sp. gravity of the liquid be 1.26, what is the sp. gravity of the substance ?]

উ। বস্তুর বায়ুতে ওজন (W_1) = 36 gms.

.. তরলে .. (W_2) = 31.96 gms

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব } S_2 &= \frac{W_1}{W_1 - W_2} \\ &= \frac{36}{36 - 31.96} \\ &= \frac{36}{4.04} = 1.01 \end{aligned}$$

সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব = $S_2 \times$ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= 1.01 \times 1.26 = 1.26$$

(4) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 7.55 gms., জলে ওজন 5.15 gms. ও কোন তরলে ওজন 6.35 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A body weighs 7.55 gms in air, 5.15 gms in water and 6.35 gms in a liquid. Calculate the sp. gravity of the liquid.]

উ। অপসারিত জলের ওজন = $7.55 - 5.15$

$$= 2.4 \text{ gms.}$$

অপসারিত তরলের ওজন = $7.55 - 6.35$

$$= 1.2 \text{ gms.}$$

$$\text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সদ-আয়তন জলের ওজন}} = \frac{1.2}{2.4} = .5$$

(5) একটি সীসাব বল ফাঁপা মনেহ হয়। বায়ুতে উহার ওজন 228 gms, এবং জলে ওজন 207 gms. সীসাব আপেক্ষিক গুরুত্ব 11.4 হইলে বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন কত ?

[A lead sphere appears to be hollow It weighs 228 gms in air and 207 gms in water. If the sp. gravity of lead be 11.4, find the volume of the hollow portion of the sphere.]

উ। বলটির সীসা অংশের আয়তন = $\frac{\text{উহার ওজন}}{\text{উহার আঃ গুঃ}} = \frac{228}{11.4} = 20 \text{ c. c.}$

অর্থাৎ বলটির ওজনের আপাত-ভ্রাস = $228 - 207 = 21 \text{ gms.}$

সুতরাং, অপসারিত জলের আয়তন = 21 c. c.

অর্থাৎ, বলটির বাহিরের আয়তন = 21 c. c.

সুতরাং বলটির কাঁপা অংশের আয়তন = $(21 - 20) = 1 \text{ c. c.}$

4-5. ভাসন-পদ্ধতির দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by floatation method) :

এই পদ্ধতির দ্বারা নির্দিষ্ট আকারের, যথা, ঘনক (cube), চৌক (cylinder) বা আয়তাকার ব্লক (parallelepiped) ইত্যাদি পদার্থ দ্বারা তরু অপেক্ষা হালকা এবং জলে অদ্রাব্য তরুদেব আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতির সুবিধা এই যে উহাতে তুলনামূলক প্রয়োজন নাই।

মনে কর, কাসের একটি আয়তাকার ব্লক যার A sq. cm এবং উচ্চতা H cm, সুতরাং ব্লকটির আয়তন = $A \times H \text{ c.c.}$

ব্লকটিকে জলে ডাউন দিলে উহা ভাসিবে। যথা স্টিক উহা উন্নত হইবে যৎসং জলে নিমজ্জিত অংশের উচ্চতা x cm.

সুতরাং নিমজ্জিত অংশের আয়তন = $A \times x \text{ c.c.}$

= অপসারিত জলের আয়তন

কাজেই, অপসারিত জলের

ওজন = $A \times x \text{ gms}$

- ব্লকটির ওজন

[ভাসনের শর্ত হইতে]

[জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

∴ কাসের আপেক্ষিক গুরুত্ব

= ব্লকের ওজন

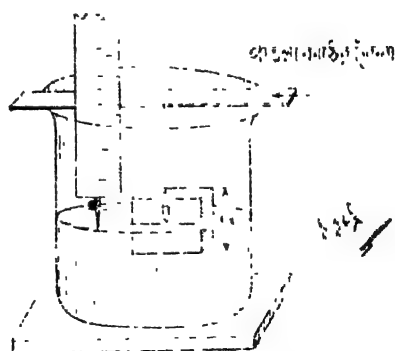
= সম-আয়তন জলের ওজন

$$= \frac{A \times x}{A \times H} = \frac{x}{H}$$

পরীক্ষা : একটি বড় মুখ-

ওয়ালা কাঁচপাত্রের অধিক জল-

ভরি কর এবং উহাতে কাঠের ব্লকটি ভাসাও। পাত্রের মুখে আড়াআড়ি



ভাসন পদ্ধতি দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র ১

করিয়া একখানি পাতলা ও সরু কাঠের টুকরা রাখ (চিত্র 4গ)। এইবার একটি মিলিমিটার স্কেলের একপ্রান্তে একটি আলপিন ঝাঁটা বা মোম দিয়া জুড়িয়া দাও এবং স্কেলটিকে টুকরার গা ঘেঁষিয়া এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ ঠিক জলতল স্পর্শ করে। এই অবস্থায় কাঠের টুকরা পর্বস্ত স্কেল পাঠ কর। এইবার স্কেলটিকে এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ কাঠের ব্লকটির উপরতল স্পর্শ করে এবং এই অবস্থায় পুনরায় টুকরা পর্বস্ত স্কেল পাঠ কর। এই দুই পাঠের বিযোগফল ধর, 'h'-এর সমান। এখন ব্লকটিকে জল হইতে তুলিয়া আনিয়া স্কেলের সাহায্যে উহার উচ্চতা 'H' নির্ণয় কব। সুতরাং $x = H - h$.

$$\text{কাঠের কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{x}{H} = \frac{H - h}{H}$$

উদাহরণ : একটি সর্বত্র সমান প্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাঠের চোঙ 15 cm. লম্বা। উহাকে জলে ভাসাইলে উচাব উচ্চতাব 3 cm. জলের বাহিবে থাকে। কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A wooden cylinder of uniform cross-section is 15 cm long. It floats in water with 3 cm. of its length projecting. What is the sp. gravity of wood ?]

উ। এখানে $h = 3$ cm , এবং $H = 15$ cm.

$$\text{সুতরাং কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{H - h}{H} = \frac{15 - 3}{15} = \frac{12}{15} = 0.8.$$

4-6. হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by Nicholson's hydrometer) :

হাইড্রোমিটার দুই প্রকারের। (1) নিকলসন হাইড্রোমিটার ও (2) সাধারণ হাইড্রোমিটার :

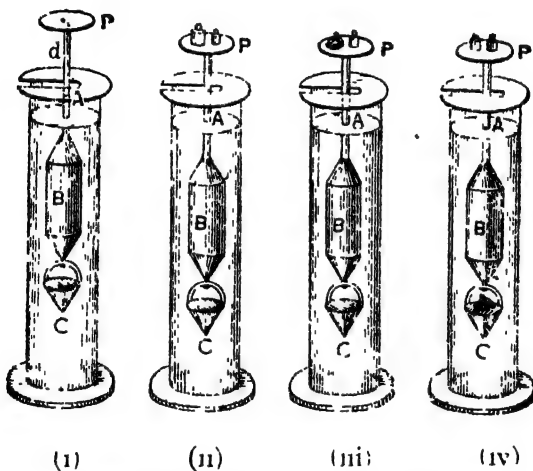
নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ :

B একটি পাণ্ডা ধাতুনির্মিত চোঙ। চোঙটির দুইপ্রান্ত শঙ্কু আকৃতি (conical) [পূর্ব পৃষ্ঠায় 4ঘ (i) নং চিত্র]। উপরের শঙ্কুর সহিত একটি ছোট দণ্ড d ল. গােনো আছে এবং দণ্ডের প্রান্তে P একটি পাত্রে যাহার উপর বাটখারা, কোন বস্তু ইত্যাদি রাখা যায়। তলার শঙ্কুর সহিত একটা ছোট বালতি (bucket) C আটকানো। এই বালতিটি পারদ অথবা সীসার দ্বারা ভর্তি করা থাকে, ইহাব ফলে সমগ্র যন্ত্রটির গুজন এমন হয় যে কোন তরলে আংশিক

নিমজ্জিত অবস্থায় ঋড়াভাবে ভাসিতে পারে। d -দণ্ডের উপর A একটি দাগ কাটা থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহার করিবার সময় সর্বদা ইহাকে A দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে হইবে।

(1) জল হইতে ভারী ও জলে দ্রবণীয় নয় একরূপ কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

একটি লম্বা কাচের পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে হাইড্রোমিটার ডুবাই। স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোমিটার জলে ভাসিবে এবং A দাগ জলের বেষ্ট উপরেই থাকিবে [4ঘ (i) চিত্র]। প্রয়োজনমত বাটখারা P পাত্রে রাখা যাহাতে হাইড্রোমিটার A -দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [চিত্র 4ঘ (ii)]। পর, এই গুজন W_1 ; বাটখারাগুলি সবাইয়া লও।



নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ঘ•

স্ববিধামত পদার্থের একটি খণ্ড লও এবং P পাত্রে রাখ। এখন আবার প্রয়োজনমত বাটখারা P পাত্রে দাগ যাহাতে হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [4ঘ (iii) নং চিত্র]। পর, এই গুজন W_2 , বস্তু এবং বাটখারা আবার সরাইয়া লও।

এইবার বস্তুখণ্ডটি C বালতিব উপর রাখ অর্থাৎ বস্তুকে জলে ডুবাইয়া রাখ। এই অবস্থায় P পাত্রে আবার প্রয়োজনীয় বাটখারা চাপাও যাহাতে

হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়ে যায় [4ম (iv) নং চিত্র]। ধন, এই ওজন W_3 ।

সুতরাং, বায়ুতে বস্তুটির ওজন $= W_1 - W_3$

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন $= W_1 - W_3$

অতএব, সম-আয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2) - (W_1 - W_3)$
 $= W_3 - W_2$

∴ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W_1 - W_3}{W_3 - W_2}$

[দ্রষ্টব্য : যদি কঠিন পদার্থটি জল অপেক্ষা হালকা হয় তবে উপরোক্ত পদ্ধতিতেই উক্ত আপেক্ষিক গুরুত্ব বাতিল করা যাইবে। তবে, বস্তুটিকে যখন C-পাত্রে রাখা হইবে তখন সস্তা দিয়া বাধিয়া দিতে হইবে নতুনা বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে।]

(2) তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

প্রথমে একটি তুল্য সাহায্যে হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় করা। এত, এই ওজন W । অতঃপর হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাইয়া P পাত্রে প্রয়োজনীয় গাঢ়ত্বের দাও বাতাসে হাইড্রোমিটার জলে A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়ে যায়। পর, এই ওজন W_1 ।

এবার বাইপাণ্ডুলি সরাইয়া যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহাতে হাইড্রোমিটার ভাসাও। প্রয়োজনীয় বাতাসের P পাত্রে রাখা যেন হাইড্রোমিটার ঐ তরলে A দাগ পর্যন্ত ডোবে। মনে কর, এই ওজন W_2 ।

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

$$W + W_1 = \text{অপসারিত জলের ওজন}$$

$$\text{এবং } W + W_2 = \text{অপসারিত তরলের ওজন}$$

উভয়েই আয়তন সমান। কারণ উভয়ক্ষেত্রেই হাইড্রোমিটারকে A দাগ পর্যন্ত ডুবানো হইয়াছে। সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W + W_2}{W + W_1}$

দ্বিতীয় পদ্ধতি (তুল্য গাতিরেক) :

এমন একটি কঠিন পদার্থ লওয়া যাক। জলে বা পানীয়লীন তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল বা উক্ত তরল অপেক্ষা ভারী। এইবার বস্তুগুটি P পাত্রে রাখিয়া

হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাও এবং P পাত্রে প্রয়োজনমত বাট্‌খারা রাখ বাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডুবিয়া যায়। ধর, বাট্‌খারার ওজন W_1 । এখন, বস্তুটিকে C বালতিতে রাখ এবং P পাত্রে পুনরায় প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা দাও বাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ভোবে। এই বাট্‌খারার ওজন যদি W_2 হয়, তবে $W_2 - W_1 =$ বস্তুটির ওজন হ্রাস। *

= বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন।

উপবোক্ত প্রক্রিয়া পৰীক্ষাধীন তরলে সম্পাদিত কবিলে যদি বাট্‌খারার ওজন যথাক্রমে W_3 এবং W_4 হয়, তবে $W_4 - W_3 =$ তরলে বস্তুটির ওজন হ্রাস = বস্তুটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

$$\therefore \text{তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1}$$

উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রোমিটারকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জলে ডুপাইতে 60 gms. লাগে। একখণ্ড তামা হাইড্রোমিটারের উপরে P পাত্রে রাখিলে 42 gms. লাগে এবং নামান খণ্ডটি নীচে রাখিলে 44 gms. লাগে। তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A hydrometer requires 60 gms. to sink up to a mark in water. If a piece of copper is placed on the upper pan, it requires 42 gms. and when the piece is placed in the lower pan, it requires 44 gms. Find the sp. gravity of copper.]

$$\begin{aligned} \text{উ।} \quad \text{এতলে তামাখণ্ডটির বাস্তুঃ ওজন} &= 60 - 42 \\ &= 18 \text{ gms.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং তরলের ওজন} &= 60 - 44 \\ &= 16 \text{ gms} \end{aligned}$$

$$\text{হু হ্রাস, সম-আয়তন জলের ওজন} = 18 - 16 = 2 \text{ gms}$$

$$\therefore \text{তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{18}{2} = 9$$

(2) একটি হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুপাইতে 60.3 gms. ওজন লাগে কিন্তু আলকোহলের মধ্যে ঐ নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুপাইতে 6.8 gms। যদি হাইড্রোমিটারটির ওজন 200 gms হয় তবে আলকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A hydrometer requires 60.3 gms to sink upto a mark in water and 6.8 gms to sink upto the mark in alcohol. If

the hydrometer weighs 200 gms, calculate the sp. gravity of alcohol.]

উ। এস্থলে হাইড্রোমিটার কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন = $200 + 60 \cdot 3$
 $= 260 \cdot 3$ gms.

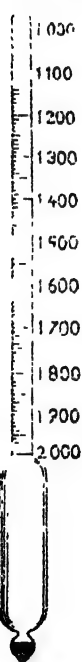
এবং অপসারিত অ্যালকোহলের ওজন = $200 + 6 \cdot 8$
 $= 206 \cdot 8$ gms

ইহাদের আয়তন এক হওয়ায়, অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{206 \cdot 8}{260 \cdot 3} = 0 \cdot 794$$

4-7. সাধারণ হাইড্রোমিটার (Common hydrometer):

এই হাইড্রোমিটার ঘাটা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপারি মাথা



সাধারণ হাইড্রোমিটার

চিত্র 46

যায়। 46 নং চিত্রে এই যন্ত্রের একটি হাইড্রোমিটার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি কাচের কাপা চোঙ। ইহা এক প্রান্তে পানদপূর্ণ একটি কাচের কুণ্ড (bulb) ও অপর প্রান্তে একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত কাচের দণ্ড আছে। যন্ত্রটির ওজন এমন করা হয় যে ইহা তরলে পান্ডাভাবে ভাসিতে পারে। উপরেব দণ্ডের গায়ে একটি স্কেল অঙ্কিত থাকে এবং এই স্কেল হইতে সরাসরি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে উহার ভিতর ডাঙিয়া দিলে যন্ত্রটি যে-দাগ পর্যন্ত ডুবিবে তাহার তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে যে-যন্ত্র দেখানো হইয়াছে উহাও এমন করা হইয়াছে যে জলে ডুবািলে মার্ক নলটির মাথা পর্যন্ত ডুবিয়া যাইবে। জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 10 বলিয়া ঐ স্থানে 10 দাগ পাঠা আছে। অতএব কোন ভারী তরলে ডুবািলে নলটির কিছু অংশ তরলের বাহিরে থাকিবে ও তরল যে-দাগ স্পর্শ করিবে তাহাই হইবে ঐ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্র সর্বাপেক্ষা ঘন যে

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিতে পারিবে তাহা 2'0-এর সমান। কারণ ঐ তরলে ডুবািলে নলটির শেষ দাগ পর্যন্ত ডুবিবে। আবার, জল অপেক্ষা লঘু

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঐ যন্ত্র দিয়া মাপা যাইবে না—যন্ত্রের ওজন আলাদা কুরিতে হইবে। এইজন্য একটি নির্দিষ্ট সাধারণ হাইড্রোমিটার দ্বারা লঘু ও ভারী সবরকম তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

তুখে জল মিশানো থাকিলে তাহা ঐ যন্ত্র দ্বারা সহজেই বোঝা যায়। কারণ, জলমিশানো তুখে আপেক্ষিক গুরুত্ব খাঁটি তুখের চাইতে কম। সুতরাং জল-মিশানো তুখে যন্ত্রটি বেশী ডুবিয়া যাইবে। খাঁটি তুখের আপেক্ষিক গুরুত্ব (1.03) জানা থাকিলে তুখে জল মিশানো আছে কি-না তাহা সহজেই ধরা পড়িবে। এই উদ্দেশ্যে বাজারে Lactometer নামে যে-যন্ত্র বিক্রয় হয় তাহা এই প্রকার সাধারণ হাইড্রোমিটার। চিনি ছাড়া, অ্যালকোহল, অ্যাসিড প্রভৃতি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার জন্তে ঐ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

4-8. আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by sp. gravity bottle):

বোতলের বিবরণ: এচ নাম চিত্রে একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দেখানো হইল। ইহা একটি ছোট বোতল বোতল এবং উহার মুখ খসা কাঠের চিপ দ্বারা শক্তভাবে আটকানো যায়। চিপের ভিতর দিয়া একটি সূক্ষ্ম লম্বালম্বি চিহ্ন আছে। বোতলটি কোন তরলে ভর্তি করিয়া দ্রব চিহ্ন আটকা দিলে অতিরিক্ত তরল এই চিহ্ন দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। এত বোতলদ্বারা গুঁড় পদার্থ বা ছোট ছোট বর্ণা মণ্ডলিত কঠিন পদার্থ, যেমন, -বাণি, চিনি প্রভৃতি ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা সুবিধাজনক।



আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল
চিত্র ৫৮

(1) জলে দ্রবণীয় নয় এমন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়:

খালি বোতলটি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া শুকাইয়া লগ্ন এবং ওজন নির্ণয় কর। এখন যে-পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহা খালিকটা বোতলে ভরিয়া ওজন কর। পর বোতলটি বাকী অংশ অনুযায়ী কবিদ্যা ওজন কর।

এইবার বোতলের ভিতরকার জল, শুঁড়া প্রভৃতি কেলিয়া দিয়া পুনরায় বোতলটি পরিষ্কার ও শুষ্ক কর। বোতলটি পরিপূর্ণ জলে ভর্তি করিয়া ওজন কর। ধরা যাউক,

$$\text{খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{জল})\text{-এ ওজন} = W_2$$

$$\text{সুতরাং, জলের ওজন} = W_2 - W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{বস্তু} + \text{জল})\text{-এ ওজন} = W_3$$

মতএব, বোতলের ভিতরে বস্তুর আয়তন ছাড়া বাকী যে আয়তনের জল থাকে তাহার ওজন $= W_3 - W_2$

$$(\text{বোতল} + \text{পূর্ণজল})\text{-এ ওজন} = W_4$$

$$\text{বোতলের ভিতরেই আয়তনের সম-আয়তন জলের ওজন} = W_4 - W_1$$

$$\therefore \text{বস্তুর সম-আয়তন জলের ওজন} = (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$

$$\therefore \text{বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

(২) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

একটি খালি বোতল খালি অবস্থায় ওজন কর। পরে বোতলটি জলপূর্ণ করিয়া ওজন কর। এখন তল কেলিয়া দিয়া বোতলটি শুষ্ক করিয়া নির্দিষ্ট তরল দ্বারা ভর্তি কর এবং ওজন কর।

$$\text{এর, খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{জল})\text{-এ ওজন} = W_2$$

$$(\text{বোতল} + \text{তরল})\text{-এ ওজন} = W_3$$

সুতরাং, বোতলের অভ্যন্তরের আয়তনের সম-আয়তন

$$\text{তরলের ওজন} = W_3 - W_1$$

$$\text{এবং এ আয়তনের জলের ওজন} = W_2 - W_1$$

$$\therefore \text{তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$$

উদাহরণ :

(১) একটি খালি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 15 gms. কিন্তু জলভর্তি অবস্থায় ওজন 40 gms.। বোতলটি কোন তরল দ্বারা পূর্ণ করিয়া

ওজন করা হইল এবং তাহা 44 gms হইল। তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[An empty specific gravity bottle weighs 15 gms. ; when filled with water it weighs 40 gms., but when filled with a liquid it weighs 44 gms. Calculate the specific gravity of the liquid.]

উ। এস্থলে খালি বোতলের ওজন = 15 gms.

(বোতল + জলেব) , = 40 gms.

অতঃ, বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তনের সম-আয়তন জলেব ওজন

$$= 40 - 15 = 25 \text{ gms.}$$

(বোতল + তরল) এর ওজন = 44 gms.

অতঃ, সম-আয়তন তরলেব ওজন = $44 - 15 = 29 \text{ gms.}$

অতঃ, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব = $\frac{29}{25} = 1.16$.

(2) জলপূর্ণ একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলেব ওজন 45 gms. , উহাযে যথাক্রমে পারদ ও তুতে গোলা জল দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি করিলে ওজন হয় 297 gms এবং 49 gms , পারদের ঘনত্ব 13.6 gms/c.c. হইলে তুতে গোলা জলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gms., 297 gms, and 49 gms. Calculate the density of the copper sulphate solution, that of mercury being 13.6 gms/c.c.] [H. S. Exam, 1900]

উ। ধন, খালি বোতলের ওজন = $W \text{ gms.}$

এবং বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তন = $V \text{ c.c.}$

কাজে, প্রথম ক্ষেত্রে $W + V.1 = 45$ [জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $W + V.13.6 = 297$

.. তৃতীয় ক্ষেত্রে $W + V.\rho = 49$ [তুতে গোলা জলের ঘনত্ব = $\rho \text{ gms/c.c.}$]

দ্বিতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$12.6 \times V = 252$$

$$\therefore V = \frac{252}{12.6} = 20 \text{ c.c.}$$

তৃতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$V(\rho - 1) = 4$$

$$\therefore \rho - 1 = \frac{4}{V} = \frac{4}{20}$$

$$\therefore \rho = \frac{4}{20} + 1 = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ gms/c.c.}$$

(3) 1.84 আপেক্ষিক গুরুত্বের 10 c.c. অ্যাসিডের সহিত 6 c.c. দল মিশানো হইল। ইহাতে মিশ্রণের আয়তন 0.9 c.c. কমিয়া গেল। মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A mixture is made of 10 c.c. of an acid of sp. gr 1.84 and 6 c.c. of water. The contraction of volume due to mixing is found to be 0.9 c.c. Find the sp. gravity of the mixture.]

উ। অ্যাসিডের ভর = আঃ গুঃ \times আয়তন = $1.84 \times 10 = 18.4 \text{ gms.}$

জলের „ = „ \times „ = $1 \times 6 = 6 \text{ gms.}$

মিশ্রণের মোট ভর = $18.4 + 6 = 24.4 \text{ gms.}$

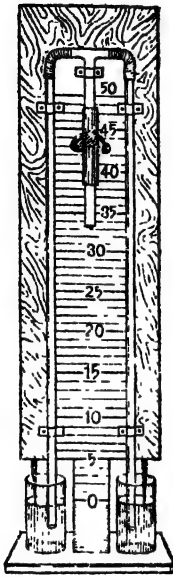
„ „ আয়তন = $(10 + 6) - .9 = 15.1 \text{ c.c.}$

\therefore মিশ্রণের আঃ গুঃ = $\frac{24.4}{15.1} = 1.61$ (প্রায়)

4-9. হেয়ার যন্ত্র (Hare's apparatus) :

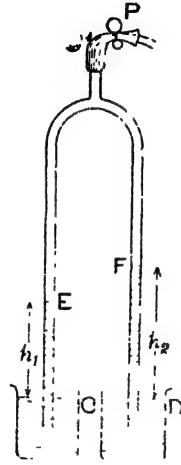
বিবরণ : 4 ছ নং চিত্রে এবং হেয়ার যন্ত্র এবং 4 ছ নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। একটা U-অক্ষের মত বাকানো দুমুখ খোলা বাচের নল একটি কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে খাড়াভাবে আটকানো আছে। নলের দুই খোলামুখ দুইটি পাত্রের ভিতর ঢুকানো। পাত্র দুইটি দুই রকম তরলদ্বারা পূর্ণ। নলটির উপরে একটি ছোট কাচ-নল একটি রবার নলের

সহিত সংযুক্ত। একটি ক্লীপ্ P দ্বারা এই রবার নলের মুখ আটকানো



চিত্র 4ক

চিত্র 4ক



চিত্র 4গ

চিত্র 4গ

বা গোলা বায়। নলের দুই পাড়ার দুই পাশে একটি স্কেল কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে আটকানো থাকে (4ক নং ছবিতে দেখানো হয় নাই) :

দুইটি তরল, যাঁহা বা পরস্পর মিশ্রিত হয়, যেমন—তুঁতের দ্রবণ (copper sulphate solution) ও জল—তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা বা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় এই যন্ত্রদ্বারা সম্ভব।

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

U-নলের একটি খোলা মুখ বাদিকেব জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং অপর মুখ ডানদিকের পরীক্ষার্থী তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও। এখন P-ক্লীপ খুলিয়া রবার নলে মুখ লাগাইয়া ধীরে ধীরে টান দিলে E এবং F নল হইতে বায়বীয় বাতাস বাহির হইয়া যাইবে। ফলে E এবং F নল বাহিয়া জল ও তরল পদার্থ উপরে উঠিবে। জল হইতে তরল পদার্থটি হালকা হইলে তরল পদার্থের উচ্চতা জল

অপেক্ষা বেশী হইবে। এবার ক্লীপ্ আটিয়া দিলে উহারা নিজ নিজ স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে।

ধরা যাউক, E এবং F পর্যন্ত যথাক্রমে জল ও তরল পদার্থ উঠিল। C এবং D, জল এবং পাত্রের অভ্যন্তরস্থ তরলের তল। ধর, CE উচ্চতা h_1 cm. এবং DF উচ্চতা h_2 cm., জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মনে কর। যাউক s_1 এবং ডান দিকের পাত্রের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব s_2 .

যদি পাত্রদ্বয়ের তবলের উপরে পৃষ্ঠে বায়ু-মণ্ডলের চাপ P ধরা যায়, এবং নলের ভিতর তবলের পৃষ্ঠে E এবং F তলে বায়ু চাপ p ধরা হয়, (নলের ভিতরে সর্বত্র বায়ু-চাপ সমান হইবে) তবে যেহেতু h_1 এবং h_2 তরল-স্তম্ভ স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে, অতএব,

$$P = p + h_1 s_1 g$$

$$\text{এবং } P = p + h_2 s_2 g$$

$$\therefore \frac{s_2}{s_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

যেহেতু জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1, কাজেই $s_1 = 1$, অতএব

$$s_2 = \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{জলস্তম্ভের উচ্চতা}}{\text{তরলস্তম্ভের উচ্চতা}}$$

E এবং F নলের গায়ে লাগানো যেন হইবে জল ও তরলস্তম্ভের উচ্চতা সহজেই নির্ণয় করা যায়। কাজেই তবলের আপেক্ষিক গুরুত্ব তাহা হইতে নির্ধারণ করা যাইবে।

যদি C পাত্রে জল না লইয়া অন্য তরল পদার্থ লওয়া যায় তবে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে তরলদ্বয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা যাইতে পারে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপরোক্ত সমীকরণে নল দুইটিব প্রয়োজ্য কোন উল্লেখ নাই। বস্তুত চাপ প্রয়োগের দ্বারা নির্ণীত হইবে না। অতএব নল দুইটিব প্রয়োজ্য কম বা বেশী—অর্থাৎ নল দুইটি সরু বা মোটা হইতে পারে অথবা উহাদের প্রয়োজ্য অসমানও হইতে পারে। তবে প্রয়োজ্য খুন সরু হইলে কৈশিক টান (surface tension) ক্রিয়া করিবে এবং সেক্ষেত্রে উপরোক্ত সমীকরণ প্রযোজ্য হইবে নাহ। সাধারণত একটু মোটা এবং প্রায় সমান প্রয়োজ্যের দুইটি নল লওয়া হয়।

কয়েকটি সাধারণ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের তালিকা

পদার্থ (কঠিন)	আঃ গুঃ	পদার্থ (তরল)	আঃ গুঃ
তামা	8.93	বিশুদ্ধ জল	1
সোনা	19.32	সমুদ্র জল	1.03
রূপা	10.5	পারদ	13.6
লোহা	7.2	গ্লিসারিন	1.26
সীসা	11.4	অ্যালকোহল	0.8
মার্বেল	2.6	কেবোসিন	0.8
কাচ	2.5	তুলা	1.03
বরফ	0.917	তাপমাত্রা তেল	87
কঠিন	1.70		

4-10. গ্যাসের ঘনত্ব (Density of gas) :

0°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm পারদে 1.013 গিটার অর্থাৎ 1000 c.c. গ্যাসের ওজনকে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব বলা হয়। তাপমাত্রা বা ঘনত্ব নির্ণয়ে উপরোক্ত নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ প্রয়োজন।

কোন গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করতে হইলে একটি প্রায় 500 c.c. আয়তনের কাঁচের গোলক লও। গোলকের গলায় একটি প্যাটকল আটকাও বাহ্যিক সাহায্যে একটি বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রকে (exhaust pump) গোলকের সহিত যুক্ত করা হইতে পারে। বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের সাহায্যে গোলক বায়ুশূন্য করিয়া প্যাটকল আটকাও এবং যন্ত্রটি খুলিয়া লও। এইবার বায়ুশূন্য গোলকটির ওজন লও। ধব, এই ওজন W_1 gms.। অতঃপর গোলকটি পরীক্ষাধীন গ্যাসদ্বারা পূর্ণ করিয়া ওজন লও। ধব, এই ওজন W_2 gms.। সুতরাং গোলকের ভিতরস্থ গ্যাসের ওজন $= W_2 - W_1 = W$ (ধর) gms.।

যদি গোলকের আয়তন V c.c. হয় তবে ঐ সময়ের তাপমাত্রা ও বায়ুচাপে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব $D = \frac{W}{V}$

সারসংক্ষেপ

আপেক্ষিক গুরুত্ব :

জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আবতন জলের চাইতে কোন দ্রব্য কতটা ভারী তাহাই সেই দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আবতন জলের ওজন}} \quad ১.$$

আপেক্ষিক গুরুত্ব শুধু একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান একই। কিন্তু এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্ব = $62.5 \times$ আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি :

(১) উদ্ভাসিতিক তুলা দ্বারা, (২) ভাসন পদ্ধতি দ্বারা, (৩) হাইড্রোমিটার দ্বারা, (৪) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা এবং (৫) হেবাব যন্ত্র দ্বারা।

প্রশ্নাবলী

১. 'আপেক্ষিক গুরুত্ব' কাকে বলে লুকাইয়া প. ৬। প্রমাণ কর, 'সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের মান সমান।

[Explain what you mean by 'specific gravity'. Prove that in C. G. S. system, specific gravity and density are numerically equal]

[H. S. (Comp.) 1960]

২. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের পার্থক্য কি ?

[What is the difference between specific gravity and density ?]

[H. S. (Comp), 1960]

৪. জল অপেক্ষা হালকা কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করা হবে ?

[How would you determine the specific gravity of a substance lighter than water ?]

[H. S. (Comp), 1962]

৫. সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.8 হলে সি. জি. এস্ এবং এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব কত ?

[If the sp. gravity of gold be 19.8, what will be its density in the C. G. S. and F. P. S. systems ?]

[Ans. 19.8 gms/cc. ; 19.8×62.5 lbs/c. ft.]

৬. একটি বস্তুর বায়তে ওজন 120 gms, কিন্তু জলে ওজন 90 gms এবং কোন তরলে ওজন 78 gms ; তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A substance weighs 120 gms in air, 90 gms in water and 78 gms in a certain liquid. What is the specific gravity of the liquid ?] [Ans. 1.4]

6. একখণ্ড কাঠের বায়ুতে ওজন 74 gms ; একখণ্ড সোণ (যাহার জলে ওজন 82 gms) কাঠটির সহিত আটকানো হইল। উভয়ে মিলিয়া জলে ওজন হইল 18.5 gms ; কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece wood weighs 74 gms in air. A piece of lead which weighs 82 gms in water is tied with the piece of wood and they together weigh 18.5 gms in water. What is the specific gravity of wood ?] [Ans. 0.8]

7. 8 ইঞ্চি দীর্ঘ একটি চৌকাকৃত পেনসিল বাঁড়া অবস্থায় জলে ভাসিতে থাকিলে 8 ইঞ্চি জলের বাহিরে থাকে। 0.8 আপেক্ষিক গুরুত্ব সম্পন্ন কোন তরলে ভাসাইলে পেনসিলটির প্রদেয় কতটা ই তরলে দাঁড়াবে থাকিবে ?

[A cylindrical pencil, 8 inches long, floats vertically in water with 8 inches of it above the water. How much of it will project out of a liquid of specific gravity of 0.8 ?] [H. S. (comp), 1963] [Ans. 6.25 inches]

8. একটি আয়তাকার কাঠের ব্লক টুকরা জলে ভাসমান আছে। জলের উপর কেবামিন তেল ঢালি হইলে লাগিল যতক্ষণ না টুকরাটির অর্ধাংশ কেবামিনে ডিকি ভুঁইয়া গেল। এই তেল মিশ্রণে জলের অর্ধাংশটির ঘনত্ব $\frac{1}{2}$ অংশ জলে ভুঁইয়া আছে। কেবামিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.82 হইলে ব্লকের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A rectangular block of wood floats in water. Kerosene oil is poured on water until the block is just under kerosene oil. In the mixture, the block is found to float with $\frac{1}{4}$ th of its height immersed in water. If the specific gravity of kerosene oil be 0.82, and the specific gravity of wood is ?] [Ans. 0.85]

9. সমান দৃষ্টিতে লবণ সমান আয়তনের দুই তরল মিশ্রিত করিলে তখন উহা মিশ্রিত তরলটির ঘনত্ব 1.25, এক্ষণে মিশ্রিত তরলটির ঘনত্ব কত হইবে ?

[When equal volumes of two liquids are mixed together, the specific gravity of the mixture is 1.25. But when equal weights of the two liquids are mixed together the sp. gravity of the mixture is 1. Find the sp. gravities of the liquids.] [Ans. 6 and 2]

10. একটি অলপূর্ণ কাচের বোতলের ওজন 75 gms, যাহার মধ্যে পূর্ণ করিলে উহা বোতল ওষ 705 gms, এবং সালফিউরিক অ্যাসিড পূর্ণ করিলে ওজন হয় 117 gms, পানিতে পূর্ণ করিলে ওজন হইবে সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্ব কত ?

[A glass bottle weighs 75 gms when full of water, 705 gms when full of mercury and 117 gms when full of sulphuric acid. Density of mercury being 13.6 gm/cc, calculate the specific gravity of the acid.] [Ans. 1.84]

11. একখণ্ড কবের বায়ুতে ওজন 19 gms ; কবের একটি রূপার বস্তুর সহিত আটকিয়া ওজন করিলে উভয়ের ওজন হয় 68 gms ; এবং উহা জলে ডিকি ভুঁইয়া ভাসিল। রূপার আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে কবের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of cork weighs 19 gms in air. When it is tied to a piece of silver, they weigh 68 gms and they float in water just immersed. Specific gravity of silver being 10.5, what is the specific gravity of cork ?] [Ans. 0.82]

12. কোন বস্তু বায়ুতে ওজন 800 gms; 0.9 আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি তলে উহার ওজন 270 gms; তলে উহার ওজন কত হইবে?

[A substance weighs 800 gms in air and 270 gms in a liquid of specific gravity 0.9. How much would it weigh in water?] [Ans. 266.6 gms]

13. একটি বাকানো নল টেনিলের উপর খাড়া কবিতা বনানো আছে। নলের এক বাহুতে পারাফিন তেল এবং অল্প বাহুতে জল আছে। পারাফিন স্তরের দৈর্ঘ্য এবং তল টে বেল হইতে যথাক্রমে 18.4 এবং 6.4 inches উচ্চ হইলে এবং জলস্তরের দৈর্ঘ্য 16.6 inches উচ্চ হইলে পারাফিন তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other, is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin column from the table are respectively 18.4 and 6.4 inches and the top of the water column is 16.6 inches from the table, calculate the sp. gravity of paraffin oil.]

[H.S. (Comp) 1961] [Ans. 0.85]

14. কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.8, সমানায়তন খাড়া একটি U-নলে 10 cm. দীর্ঘ কেরোসিন তেলের স্তর আছে। নলে জল ঢালা হইল। জলস্তরের মোট উচ্চতা যদি 10 cm. হয় তাহা হইলে তাল দ্বারা তেল উচ্চত্ব পার্থক্য কত হইবে?

[Kerosene has a specific gravity of 0.8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10 cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If total length of the water column is also 10 cm. what will be the difference in height between the top levels of the two liquids?] [H.S. Merz 1963] [Ans. 2.5 cm]

15. একটি U-নলে কিছু পরিমাণ জল হইলে তাহাতে নল। দুই প্রান্তে সমান কঠিন। তাৎপরে এক প্রান্ত দিয়া এমন পরিমাণ গ্লিসেরিন (আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1.26) ঢাইল তাহাতে দুই প্রান্তে সমান স্তর উচ্চ হইল। তাহলে জল স্তর উচ্চতা নির্ণয় কর। পারাফিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1.86

[The bend of a U-tube is filled with mercury. Enough glycerine (sp. gr. = 1.26) is poured into one limb to create a difference of 1.5 cm. in the level of mercury in the two limbs. Find the height of the column of glycerine, given the sp. gravity of mercury = 13.6] [Ans. 16.19 cm.]

16. নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ দাও এবং উহা কখন কখন ব্যবহারিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী বর্ণনা কর।

[Describe a Nicholson's hydrometer and explain how you would determine the specific gravity of a cork with it.] [H.S. Merz 1964]

17. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটার 0 আপেক্ষিক গুরুত্ব কোন তলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবে। কিছু জল দিবার পরে ডুবেছিল 130 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[A Nicholson's hydrometer sinks upto a certain mark in a liquid of specific gravity 0.6 but it requires 120 gms to sink upto that mark in water. Calculate the weight of the hydrometer.] [Ans. 180 gms.]

18. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60.8 gms ওজন লাগে। অ্যালকোহলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 6.8 gms অয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারেব ওজন 200 gms হইলে অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[In order to sink a Nicholson's hydrometer to the mark in water, it was necessary to add 60.8 gms to the upper pan. When floating in alcohol, only 6.8 gms. were required to sink it upto the mark. If the hydrometer weighs 200 gms, what is the specific gravity of alcohol?] [Ans. 0.794]

19. গুড়া পদার্থ বা স্ফটিকবর্ণী পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিকপে নির্ণয় করিলে?

[How would you find out the specific gravity of a powder or a granular substance?]

20. হেরার যন্ত্রের বিন্যাস ও উহার কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

[Describe a Hare's apparatus and explain how it works.]

21. একটি হীরা বসানো সোনার আংটির বাত ৭জন 4 gms এবং জল ৭জন 8.72 gms, সোনা ও হীরার আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 19.8 এবং 3.5 আংটিতে হীরার ওজন নির্ণয় কর।

[A gold ring, set with diamond, weighs 4 gms in air and 8.72 gms in water. The specific gravities of gold and diamond are respectively 19.8 and 3.5. Find the weight of diamond in the ring.] [Ans 0.81 gm.]

22. 1 c.c. সোনার সহিত 21 c.c. কাঠ ডুবিয়া, দেখা হইল। সীসা ও কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 11.4 এবং 0.5। সীসার জল তরঙ্গিতক ডুবিয়া নির্ণয় কর।

[1 c.c. lead and 21 c.c. wood, when tied together are allowed to be dropped into water. If the specific gravities of lead and wood are 11.4 and 0.5 respectively, find whether the combination will float or sink.]

[H.S. (Comp) 1963] [Ans. float]

23. একখানি গহনা সীমা সলিদ্ধা কর্তৃক হয়। বাত উহার ওজন 258.75 gms এবং জল ৭জন 258.75 gms, গহনার উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে সীমার আংশের ক্ষয়জনিত নির্ণয় কর।

[An ornament is suspected to be hollow. It weighs 258.75 gms in air and 258.75 gms in water. If the sp. gr. of the material of the ornament be 10.5, calculate the volume of the cavity of the ornament.] [Ans. 2 c.c.]

24. A, B, C তিনটি বিভিন্ন ধাতুর তিনটি টুকরা। বাত ৭জন 16, 20 ও 22 gms এবং জল ৭জন 14, 18 ও 20 gms; যদি উক্তদের দুইটি বিশুদ্ধ ধাতুর তৈরি হয়। তৃত্যটি উক্তাদের শংকর ধাতু হয়, তখন নির্ণয় কর যে কোনটি শংকর ধাতুর তৈরি। ওহাতে তৃত্যটি ধাতুর অংশ কত হ'ত ও নির্ণয় কর।

[Three pieces A, B and C of different substances weigh 16, 20 and 22 gms respectively in air and 14, 18 and 20 gms respectively in water. If two of the pieces be pure metals and the third be their alloy, which of the three pieces is alloy? Also calculate the proportion, by weight, of the pure metals in the alloy.] [Ans. B শংকর ধাতু; A = 5½ gms C = 14½ gms]

25. হেরাফ যন্ত্রের কোন পর্দাফর একটি নলে জল 26'8 cms উঠিয়াছে দেখা গেল। অপব নলে যে তরল পদার্থ আছে তাহাৰ আপেক্ষিক গুরুত্ব 1'84 হইলে ঐ নলে তরল পদার্থ কতটা উঠিতে উঠিবে ?

[In one experiment with Mare's apparatus, water is found to rise 26'8 cms in one arm of the U-tube. If the sp. gravity of the liquid in the other limb be 1'84, find the height to which the liquid will rise.] [*H. S. Exam. 1962*]
[Ans. 20 cms.]

24. 80 cm দীর্ঘ এবং $\frac{1}{4}$ sq. cm প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি কাঁচের নলের এক মুণ্ড খোলা এবং এক মুণ্ড বন্ধ। নলটির ওজন 4 gms এবং উহাৰ ভিতর 10 gms পারদ আছে। একটি তরলে নলটি দাঁড়াইবে 2 cm বাঁহরে বাঁধা খাড়াভাবে ভাসিয়া থাকিলে তরলটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A glass tube 80 cm long and $\frac{1}{4}$ sq. cm. in cross-section is closed at one end. Its weight is 4 gms, and 10 gms of mercury are put in it. What will be the sp. gravity of the liquid in which it floats vertically with 2 cm. of its length above the surface ?] [Ans. 1]

27. একটি পদার্থ ভর f ভর, f নির্মুক্ত কণিকা। একটি তরলে ভাসিয়া, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব s_1 ; s_2 আঃ গুরুত্বের মধ্যে একটি তরলে ভাসিয়া, ভর $(1-f)$ অংশ নির্মুক্ত কণিকা ভাসে। প্রমাণ কর, ঐ পদার্থটির আপেক্ষিক গুরুত্ব — $\frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2}$

[A body floats in a liquid of specific gravity s_1 with a certain fraction f of its volume immersed. In a liquid of specific gravity s_2 it floats with a fraction $(1-f)$ of its volume immersed. Show that the specific gravity of the solid is — $\frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2}$]

[Objective Type Questions]

28. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—

- (i) যে-কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়।
- (ii) একই পদার্থ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং ঘনত্বের মান সমান।
- (iii) ঘনত্ব একাধারে কোন এককের প্রয়োজন নাই কারণ উহা একটি অন্তর্ভুক্ত মাত্র।
- (iv) হেরাফ যন্ত্রের নল দুইটির পদার্থের গুরুত্ব একই হলেও কোন ক্ষতি হয় না।
- (v) ভাসন পদ্ধতিতে ছাঁচ, তালুকা, ভারী যে-কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা চলে।
- (vi) আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে তাপমাত্রার উল্লেখ কোন প্রয়োজন নাই।

শব্দের পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং চাপ-সংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প

[Atmospheric pressure and various air pressure pumps]

5-1. বায়ুমণ্ডলের চাপ (Atmospheric pressure) :

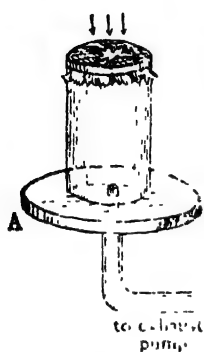
এই পৃথিবী বায়ুমণ্ডল কণ্টক পরিবাপ। এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি বহুবিধ বায়বীয় পদার্থ বিজমান। বায়ু আমবা দেখিতে পাই না, কিংবা নানা উপায়ে ইহা অদৃশ্য অন্তর্ভুক্ত করিতে পারি। যখন গাছের পাতা নড়ে তখন বুঝি যে বায়ু বহির্ভুক্ত, পাখা চালাইলে শব্দবৎ উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত হইলে বুঝি যে বায়ু আছে। এইরূপে আমরা প্রকৃতির সাহায্যে বায়ুর অস্তিত্ব টের পাই। পরিণামে বোঝা যায় এই বায়ুমণ্ডল বহুবর্ণ প্রদানকারী। মৃত্যু হোমন হাঃ পিমাঃ থাকে, মাছুস, জীব-জন্তু ইত্যাদি যেমনি বায়ু মধ্যে ভূমিকা পালন করে। পৃথিবীর বুকে সজীব প্রাণীর জীবনধারণ এই বায়ুমণ্ডলই জগত সন্তা - কানন নাখাস-প্রদানের ওহ তাহা বায়ুমণ্ডলের নিকট ঋণী।

এই বায়ুমণ্ডলের গুরুত্ব অসংখ্য। কাজেই আমাদের উপর বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান করে। সাধারণত বায়ু আশেপাশে হাবাঃ ইত্যাদিতে নৈমিত্তিক এই চাপ অতি সামান্য। কিন্তু পৃথিবীর চতুর্দিকে প্রায় ৮০০ মাইল পুরু পরিবাপ বায়ুমণ্ডলের সমস্ত বায়বীয় পদার্থের কথা চিন্তা করিলে দেখা যায় যে এই চাপ সামান্য নয়। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবীর উপরে অতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় ১৪.৭ পাউন্ড (প্রায় ৭ সেব)। একজন প্রাপ্তবয়স্ক মানুষের দেহের ক্ষেত্রফল ১৬ বর্গফট। স্বতন্ত্র মানুষের পৃথিবী বায়ুমণ্ডল যে-চাপ প্রদান করে তাহা মোট পরিমাণ $16 \times 144 \times 14.7$ পাউন্ড অথবা ৪০৫ মণ। কাজেই বায়ুমণ্ডলের চাপ নগণ্য একথা বলা চলে না। তবে মানুষের শব্দবৎ ভিতরেও বায়ু প্রবেশ করে বলিয়া বাহ্যিক এই চাপ ভিতরের চাপের সমান ও বিপরীত। কাজেই মানুষ সাধারণত এই চাপ অন্তর্ভুক্ত করে না।

তবে ত্রায় বায়ুমণ্ডলও সর্বদিকে চাপ প্রদান করে এবং বায়ুমণ্ডল সংলগ্ন কোন তলে উপর লম্বভাবে এই চাপ ক্রিয়া করে।

5-2. বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করিবার পরীক্ষা (Experiments to demonstrate the existence of atmospheric pressure):

(1) একটি দুমুখ খোলা শক্ত কাচের চোঙ লইয়া একমুখ পাতলা রবার পাত দিয়া শক্ত কবিত্বা "আটকাও (5ক নং চিত্র)। কাচের পাত্রটিকে

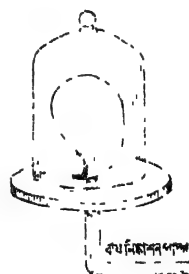


বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রের
পাত্র
চিত্র 5ক

বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রের (exhaust pump) রেকাবী A-তে বসায়। রেকাবী এবং পাত্রের মুখের মতো ঘাতাতে কোন ফাঁক না থাকে সেজন্য ভেস্‌লীন দিয়া জোড়ের মুখ বায়ুনিকদ্ধ (air-tight) কর। পাত্রের ভিতরস্থ বায়ু এবং বাহিরের বায়ুর চাপ সমান এবং বিপরীতমুখী বলিয়া রবার পাত সমতল থাকিবে। এখন বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্র চালাইয়া পাত্রের ভিতরস্থ বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখা যাইবে যে রবার পাতটি

ক্রমশঃ উপর হইতে
চাপ খাটনা বাধিয়া
যাইতেছে। ভিতরস্থ বায়ু

বেশী বাহির করিয়া লইলে রবার পাতটি ক্রমশঃ বাকিতে বাধিতে সহজে ফাটনা যাইবে। অতএব ইহা প্রমাণ করে যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে।

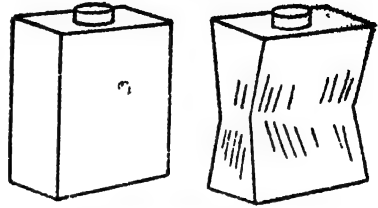


(2) একটি পাতলা রবারের বেলুনের অল্প

পরিমাণ হাওয়া ভর্তি কবিত্বা বেলুনটির মুখ বন্ধ এবং বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রের রেকাবীর চিত্র 5ক (1)

উপর রাখিয়া একটি বড় কাচ-পাত্র দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হউল [5ক (i) নং চিত্র]। কাচ-পাত্র ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌লীন দিয়া বায়ু-নিকদ্ধ করিতে হইবে। এইরূপ পাম্প চালাইয়া কাচপাত্রের বায়ু বহু বাহির করিয়া লওয়া হইবে তত বেলুনটি অল্পে অল্পে ফুলিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে বেলুনের চতুর্দিকস্থ বায়ু নিষ্কাশিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে বেলুনের বাহিরের চাপ কমিয়া যায়। কিন্তু বেলুনের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ সাধারণ বায়ুর চাপের সমান থাকায় ইহার আয়তন বৃদ্ধি হয় এবং বেলুনটি ফুলিয়া উঠে।

(3) একটু লম্বা ধরনের ছোট মুখওয়ালা পাতলা টিনের পাত্র [চিত্র 5ক (ii)] লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। জলকে দ্রুত উত্তপ্ত করিয়া ফুটাও। ইহাতে জলীয় বাষ্প পাত্রের ভিতরকার সব বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবাব পাত্রের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ (air-tight) ভাবে আটকাও এবং পাত্রটি দ্রুত ঠাণ্ডা করা। ইহাব ফলে পাত্রের ভিতরস্থ জলীয় বাষ্প জমিয়া জল হইবে এবং ভিতরের চাপ দ্রুত কমিয়া যাইবে। তখন বাহ্যিক বায়ুমণ্ডলের চাপে পাত্রটির দেওয়াল 5ক (ii) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐকপ বাকিয়া যাইবে। এই সহজ পৰীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল গার্হচাপ প্রয়োগ করিতে পারে।



বায়ুমণ্ডলের চাপচাপের পৰীক্ষা

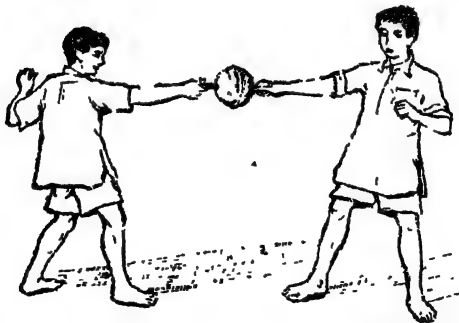
চিত্র 5ক (ii)

(4) ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা (Magdeburg hemisphere experiment):

দুইটি ফাঁপা পিত্তলের অর্ধগোলক মুখে মুখে ঠিক জোড়া লাগিয়া একটি পূর্ণ গোলক তৈয়ারী করে (5খ নং চিত্র)। একটি অর্ধগোলকে চাবিসহ একটি নল আছে। এই নলের সহিত বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্র লাগানো যাউতে



ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক



ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা

চিত্র 5খ

পাবে। অপর অর্ধগোলকে একটি হাতল লাগানো আছে। যখন অর্ধগোলক দুইটি একত্র করা হয় এবং ভিতরে বায়ু থাকে তখন উহাদের আলাদা করা

খুব সহজ। কাত্রণ ভিতরে বায়ুর চাপ এবং বাহিরে বায়ুর চাপ সমান ও বিপরীত। কিন্তু অর্ধগোলক দুইটি বায়ুনিরুদ্ধভাবে একত্র করিয়া বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রদ্বারা ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া দিলে উহাদের আলাদা করা খুবই শক্ত! কারণ তখন ভিতরে কোন চাপ থাকে না কিন্তু বাহিরে হইতে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে গোলকেব উপর প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগ করে। জার্মানীর ম্যাগডেবাগ শহরে অটো ভন গেরিক ২ ফুট ব্যাসযুক্ত দুইটি অর্ধগোলকের দ্বারা এই পরীক্ষা করিয়াছিলেন। গোলকটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া নিলে বায়ুমণ্ডল এত চাপ প্রয়োগ করিয়াছিল যে উভয় দিকে ৬টি ঘোড়া লাগাইয়া উহাদের আলাদা করা সম্ভব হয় নাই। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে চাপ প্রদান করে।

কতগুলি স্থিতি পবিচিত্রিত ঘটনার সাহায্যেও বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়। আমবা যখন খাস গ্রহণ করি তখন নুকের মাংসপেশী

পাছরাব হাড়কে বাহিরের দিকে

দেয়। তাহাতে বক্ষগহ্বরেও

আয়তন বাড়ে এবং ফসফসের চাপ

কমিয়া যায়। তখন বায়ুমণ্ডলের চাপের

ফলে বায়ু ফসফসে প্রবেশ করে।

স্বয়ংক্রিয় ফাউন্টেন পেনে কালি

ভবিবাব প্রণালীও বায়ুমণ্ডলের চাপের

উপর নির্ভবশীল।

(৫) টরিসেলির পরীক্ষা

(Torricelli's experiment):

টরিসেলির পরীক্ষাদ্বারা শুধু যে বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় তাহা নহে—ইহাব পরিমাপও সম্ভব।

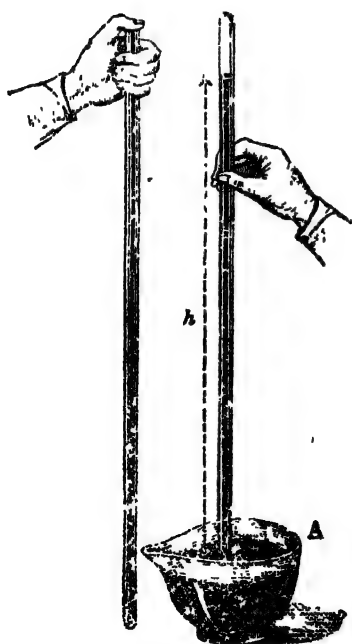
প্রায় এক মিটার লম্বা, একমুখখোলা

এবং সর্বত্র সমান ব্যাসযুক্ত মোটা

কাচনল লইয়া উহা পারদপূর্ণ কর।

অতঃপর খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া

আটকাইয়া সাবধানে নলটিকে উল্টাইয়া পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে (A)



টরিসেলির পরীক্ষা

চিত্র ৫গ

নলের খোলা মুখ ঢুকাইয়া দাও এবং আঙ্গুল সরাইয়া লও। নলটিকে খাড়া করিয়া রাখার ব্যবস্থা কর। দেখিবে নলের পারদ কিছুদূর নামিয়া আসিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইবে (5গ নং চিত্র)।

আপাতদৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের ভিতরের পারদস্তম্ভ আপনা-আপনিই দাঁড়াইয়া আছে; কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে তাহা নহে। বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন এরূপ হইতেছে। A পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডল সর্বদা চাপ দিতেছে। পাত্কেলেব স্থায়ীত্বায়ী পাবদ এই চাপ নলের ভিতরকার পারদে সঞ্চালিত করিতেছে। এই উপর্যুপরি সঞ্চালিত চাপ নলের ভিতরেব পাবদ-স্তম্ভেব ওজনের সমান হওয়ায় পাবদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া আছে। স্তম্ভেরাং বায়ুমণ্ডলের চাপ—প্রতি একক ক্ষেত্রফলে পারদস্তম্ভের ওজন।

যদি বিভিন্ন ব্যাসের কাঁচনল লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক নলেই পাবদস্তম্ভের উচ্চতা সমান অর্থাৎ নলের ব্যাসের কোন-প্রকৃতিতে বায়ু-চাপের কোন তাৎপর্য্য হয় না।

সাধারণত নলের ভিতর পারদস্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সে. মি.। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সে. মি. উচ্চ পাবদস্তম্ভের দরিয়া বাগিতে পারে। পাবদ জল হইতে 13.6 গুণ ভারী বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপ 76×13.6 সে. মি. অর্থাৎ প্রায় 34 ফুট উচ্চ জলস্তম্ভকে দরিয়া বাগিতে পারিবে।

টবিসেলিও এই পরীক্ষার প্রসঙ্গে একদিন মনে ঐতিহাসিক ঘটনা আছে। টবিসেলিও পূর্বেই বায়ুমণ্ডলের চাপের কয়েকটি ঘটনার কথা তখনকার লোকেরা জানিত। কিন্তু ঘটনাগুলি যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ত হইতেছে তাহা জানা ছিল না। যেমন, লোকেরা জানিত যে পিচকাবা বা সিবিলেব মত বগ দিয়া জল টানিয়া তোলা যায়। তাহা বা ইহা বা অন্য স্বরূপ বলিত যে প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না। সিবিলেব পিস্টন টানিলে যে শূন্যস্থান তৈয়া হয় প্রকৃতি তাহা পছন্দ করে না বলিয়াই জল টানে। পিছনে পিছনে উঠিয়া যায়। এই সময় অর্থাৎ 1642 খ্রীষ্টাব্দে ইটালীর স্মার্ত্তাট টুস্কানীও ডিউক তাঁহার বাগানে মনে দিব্য জন্ত কতগুলি কুপ খনন করান এবং কুপ হইতে জল তুলিবার জন্ত পাম্প বসান। কুপগুলি প্রায় 50 ft. গভীর ছিল। দেখা গেল যে পাম্প 80 ft. পর্যন্ত জল তুলিতেছে—তাহার বেশী তুলিতে পারিতেছে না। কিন্তু প্রকৃতি ত শূন্যস্থান পছন্দ করে না। তবে জল আব উঠিল না কেন? সেই সময় গ্যালিলিওও ঐজ্ঞানী হিসাবে খুব ব্যাতি। টুস্কানীও ডিউক তখন গ্যালিলিওকে ডাকিয়া এই সমস্যা সমাধান করিবার জন্ত সম্বোধন করিলেন। গ্যালিলিওর মনে মনে একটা ধারণা ছিল যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্তই এরূপ হইতেছে—পাম্পে কোন গুণগোল নাই। প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না—ইহাও কোন কাজের কথা নয়। সম্ভবতঃ তিনি তাহাব মনের কথা তাহাব প্রিয় শিষ্য টবিসেলিকে বলিয়াছিলেন। কিন্তু তাহাব ধারণাব

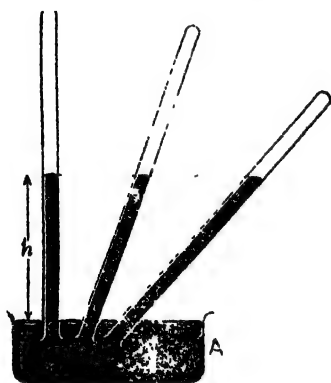
সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবার পূর্বেই তাঁহার ব্রহ্ম ঘটে। তখন টরিসেলি তাঁহার গুরুত্ব কথা প্রবণ করিয়া ভাবিলেন যে এই ঘটনা যদি বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ত হয় এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি জলকে 80 ft. উচ্চে তোলে তবে পারদকে তুলিবে 27 inches কারণ পারদ জল অপেক্ষা প্রায় 18.6 গুণ ভারী। তখন তিনি তাঁহার বিখ্যাত পরীক্ষা—যাহা টরিসেলি পরীক্ষা বলিয়া খ্যাত—সম্পন্ন করিলেন।

টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :

পূর্ববর্ণিত টরিসেলি পরীক্ষা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত বিষয় কয়টি খুবই উল্লেখযোগ্য।

(i) কাচনলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহার উপরে নলের বন্ধপ্রান্ত পর্যন্ত স্থান সম্পূর্ণ শূন্য। এই শূন্যস্থানকে **টরিসেলির শূন্যস্থান** (Torricellian vacuum) বলে। প্রকৃতপক্ষে, এই স্থানকে সম্পূর্ণ শূন্য বলিলে ভুল বলা হইবে—কারণ খুব সামান্য পান্দ-বাষ্প এই স্থান অধিকার করিয়া থাকে।

(ii) কাচনলের খোলামুখ A-পাত্রেব পান্দে ডুবাইয়া রাখিয়া যদি



চিত্র 5গ (i)

নলটিকে ধীরে ধীরে কাত করা যায়, তবে পান্দস্তম্ভ ক্রমশ বন্ধপ্রান্তের দিকে অগ্রসর হইবে কিন্তু মবদা পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতা (vertical height) সমান থাকিবে [চিত্র 5গ (ii)], কারণ এই খাড়া উচ্চতাটি বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিমাপ কবে।

(iii) যদি কোন আবদ্ধস্থানে টরিসেলির পরীক্ষা করা যায় এবং আবদ্ধ স্থান হইতে বায়ু ক্রমশ বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রেব সাহায্যে বাহির করিয়

লওয়া হয়, তবে দেখা যাইবে যে পান্দস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমশ কমিতেছে, আবার আবে: স্থানে বায়ু প্রবেশ করাইলে পান্দস্তম্ভের উচ্চতা বাড়িয়া পূর্বের মত হইবে। ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্তই নলে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে।

(iv) কাচনলটির উপর যদি একটি ছিদ্র করা যায় তবে ঐ ছিদ্রপথে বায়ু প্রবেশ করিবে এবং পারদস্তম্ভের উপর চাপ দিবে। ফলে স্তম্ভের উপরে এবং নীচে অর্থাৎ A পাত্রেব পারদতলে চাপ সমান হইবে এবং পারদস্তম্ভ তখন আর

এভাবে দাঁড়াইয়া থাকিবে না; আপন ভারে নামিয়া A পাত্রে জমা হইবে।
নিম্নের সহজ পরীক্ষা দ্বারাও ইহা প্রমাণ করা যায়।

প্যাচকল (T) আটকানো একটি ব্যুরেট (Burette) A লইয়া জলপূর্ণ কর। ব্যুরেটের খোলামুখ হাত দিয়া আটকাইয়া উপুড় কর এবং জলপূর্ণ একটি পাত্রে (P) ভিতর ঢুকাইয়া হাত সরাইয়া লও। দেখিবে ব্যুরেটের জল পড়িয়া যাইবে না [চিত্র 5গ (ii)]। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ বায়ুগুলের চাপ P পাত্রে জলতলে পড়িতেছে এবং উহা জল কর্তৃক সঞ্চালিত হইয়া ব্যুরেটে দণ্ডায়মান জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিয়াছে—যেমন টরিসেলির পরীক্ষায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে। এইবার ব্যুরেটের প্যাচকল (T) খুলিয়া দাও। খোলাপথে বায়ু প্রবেশ করিয়া চাপ দিবে। দেখিবে যে জল ব্যুরেটে আব দাঁড়াইয়া নাই। আন্তে আন্তে P পাত্রে আসিয়া জমা হইয়াছে।

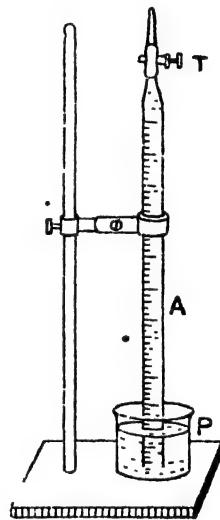
৫-৩. বায়ু-চাপ মাপক যন্ত্র বা
ব্যারোমিটার (Barometer) :

যে-যন্ত্রেব সাহায্যে বায়ুগুলের চাপ মাপা হয় তাহাকে ব্যারোমিটার (Barometer) বলে। ব্যারোমিটার নানারকম হইতে পারে—ইহাদের মধ্যে Fortin's ব্যারোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই ব্যারোমিটারের বিবরণ ও কার্যপ্রণালী নিম্নে বর্ণিত হইল।

(i) Fortin's ব্যারোমিটার :

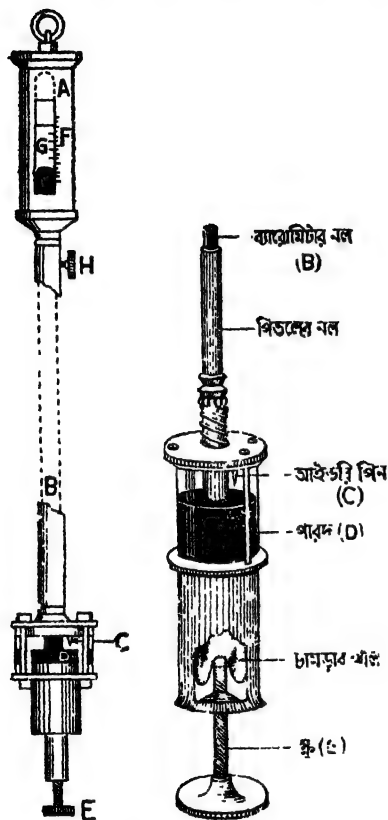
বিবরণ : টরিসেলির পরীক্ষায় যে-বায়ুস্রাব করা হয় তাহাব কিছু সংশোধন এবং পরিবর্তন করিলে এই ব্যারোমিটার পাওয়া যায়। ৫ঘ নং চিত্রে Fortin's ব্যারোমিটারের একটি ছবি দেখানো হইল।

AB একটি সমবাসস্থিত কাচনল। ইহার দৈর্ঘ্য প্রায় এক মিটার এবং ইহার একমুখ বন্ধ। টরিসেলির পরীক্ষার মত নলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্র D-র ভিতর খোলা মুখ ঢুকাইয়া উপুড় করিয়া রাখা আছে। পারদপূর্ণ এই পাত্রটির উপরাংশ কাচ মণ্ডিত এবং নিম্নাংশ পিতলের তৈয়ারী। কাচনলটি একটি পিতলের নলের মধ্যে বসানো



চিত্র 5গ (ii)

থাকে বাহ্যতে বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচনলটি ভাঙ্গিয়া না যায়। সাধারণত পিতলের নলটি দেওয়ালে একটি আন্টার দ্বারা একটি কাঠের ফ্রেমের সাহায্যে খাড়াভাবে ঝুলানো থাকে। পিতলের নলের উপরিভাগে প্রায় 20 সেন্টিমিটার দূরত্ব ও দেড় সেন্টিমিটার চওড়া দুইটি পরস্পর বিপরীত কাটা অংশ থাকে। এই কাটা অংশের মধ্য দিয়া কাচনল ও উহার অভ্যন্তরস্থ



Fortin's ব্যারোমিটার

চিত্র 5ঘ

অঙ্কিত আছে এবং এই স্কেলের C-দাগ হস্তিদন্তের পিনের অগ্রভাগের সহিত এক সমতলে অবস্থিত। পারদস্তম্ভের উচ্চতা সূক্ষ্মভাবে মাপিবার জন্য F স্কেলের সহিত একটি ভার্নিয়ার G যুক্ত থাকে। এই ভার্নিয়ারকে স্কেল বাহিয়া উঠা-নামা করাইবার জন্য একটি স্ক্রু-H পিতলের নলের গায়ে লাগানো থাকে।

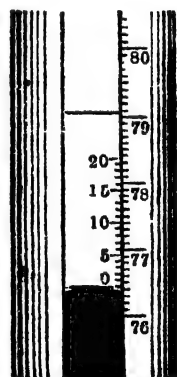
পারদতল দেখা যায়। D পারদ-পাত্রের পারদতল (level) সবদা এক রাখিবার জন্য একটি হস্তিদন্তের পিন (ivory pin) C দেওয়া থাকে। D-পারদপাত্রেব পারদতল উঁচু-নীচু করিবার জন্য পাত্রেব তলায় একটি স্ক্রু E আছে। এই স্ক্রু ঘুরাইলে D পাত্রেব তল য একটি চামড়ার খলির আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় এবং তাহান ফলে D পাত্রেব পারদতল উঁচুতে উঠে বা নীচুতে নামে। চামড়ার খলির ভিতর দিয়া বায়ু চলাচল করিতে পারে কিন্তু পারদ পারে না। ফলে D পাত্রেব পারদতলে বায়ু চাপ বাহিরের বায়ু-চাপের সমান হয়। [ব্যারোমিটারের এই তলাব অংশ 5ঘ নং চিত্রে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।] পিতলের নলের গায়ে একটি স্কেল F

এই কু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ার G-কে এমন জায়গায় আনিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের নীচের প্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল (convex) তলের স্পর্শক (tangent) হয়। ভার্নিয়ারের এই অবস্থান ক্রটিহীনভাবে করিবার জন্ত ভার্নিয়ারের পিছনে একটি সাদা প্লেট লাগানো থাকে। যতক্ষণ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের নিম্নপ্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত কীচেব ভিতর দিয়া সাদা প্লেট দেখা যাইবে। যে মুহূর্তে সাদা প্লেট দৃষ্টির অগোচর হইবে তখনই বুঝিতে হইবে যে ভার্নিয়ারকে যথাযথ অবস্থানে বসানো হইয়াছে। তাপমাত্রা পরিবর্তনে বায়ুচাপেও পরিবর্তন হয়। সেইজন্ত ব্যারোমিটারের সহিত সর্বদা একটি থার্মোমিটার লাগানো থাকে (ছবিতে দেখানো হয় নাই)।

ব্যারোমিটার পাঠ (To read a barometer) :

ব্যারোমিটার পাঠ করিতে গেলে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করিতে হইবে যে D পারদপাত্রের পারদতল C পিনকে স্পর্শ করিয়া আছে কি-না। প্রতিদিন বায়ুচাপ পরিবর্তনের ফলে পারদতল পিনকে স্পর্শ না করিয়া থাকিতেও পাবে। এইজন্ত সর্বপ্রথম E-স্থ. ঘুরাইয়া পারদতলকে C পিনের সহিত স্পর্শ করাইতে হইবে। ইহার ফলে পারদতল F-স্কেলের O-দাগের সহিত এক সমতলে আসিবে।

অতঃপর H-স্থ. ঘুরাইয়া G-ভার্নিয়ারকে এমন-ভাবে রাখিতে হইবে যেন ইহার নিম্নতল পারদ-স্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শক হয় (5ঙ নং চিত্র)। অতঃপর মূল স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ লইয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিলে তখনকার বায়ুচাপ পাওয়া যাইবে।



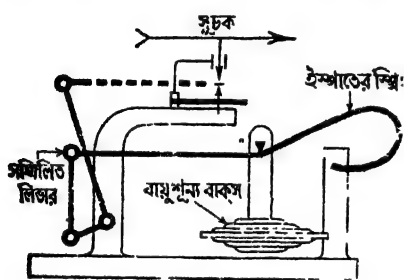
চিত্র 5ঙ

সাধারণত ব্যারোমিটারে যে-ভার্নিয়ার থাকে উহার স্থিরাক '005 cm. 5ঙ নং চিত্রে যে ভাবে দেখানো হইয়াছে তাহাতে মূল-স্কেল পাঠ হইল 76.4 cm এবং 12 ঘর ভার্নিয়ার দাগ একটি মূল স্কেল দাগের সহিত মিলিয়া যাওয়ায় ভার্নিয়ার পাঠ হইল $12 \times '005 = '06$ cm. সুতরাং ব্যারো-মিটার পাঠ হইল $76.4 + '06 = 76.46$ cm. ইহাই তখনকার বায়ু-চাপ নির্দেশ করে।

(2) Aneroid ব্যারোমিটার :

বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ভুল ও সুস্বভাবে নির্ণয় করিতে গেলে Fortin's ব্যারোমিটার সর্বোৎকৃষ্ট, সন্দেহ নাই। কিন্তু ইহার একটি অসুবিধা এই যে ইহাকে নাড়াচাড়া করা যায় না, ইহাকে সর্বদা ঋণাত্মকভাবে একস্থানে আটকাইয়া রাখিতে হয়। Aneroid ব্যারোমিটারের এই অসুবিধা নাই—অর্থাৎ, ইহাকে সহজে নাড়াচাড়া করা যায়, কারণ, এই ব্যারোমিটারে কোন তরল পদার্থ ব্যবহৃত হয় না।

5চ নং চিত্রে এই ব্যারোমিটারের নকশা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত বাক্স বিশেষ। বাক্সটি আংশিক বায়ুশূণ্য এবং বায়ুনিরুদ্ধভাবে



Aneroid ব্যারোমিটার

চিত্র 5চ

বদ্ধ করা। বাক্সটির উপরে একটি পাতলা ঢেউখেলানো (corrugated) ধাতব ঢাকনী আছে। বায়ুমণ্ডলের চাপের সামান্য তাবতম্যে এই ঢাকনীটি ভিতরের দিকে নামিয়া যায় এবং চাপ কমিলে উপরের দিকে উঠিয়া আসে। বাক্সটির অভ্যন্তর বায়ুশূণ্য হওয়ায় এবং

ঢাকনীটি পাতলা বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপে উহা ভাঙ্গিয়া পড়িবার সম্ভাবনা থাকে। একটি শক্ত ইম্পাতের স্প্রিং ঢাকনীটিকে এই বিপদ হইতে রক্ষা কবে। যখন বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিবর্তিত হয় তখন ঢাকনীটি উপরে অথবা নীচে নড়াচড়া করে। ঢাকনীর এই সামান্য গতিকে (movement) একটি সম্মিলিত লিভার (combination of levers) যন্ত্র দ্বারা বহু গুণ বর্ধিত করা হয় এবং এই বর্ধিত গতি দ্বারা একটি সূচকে (pointer) একটি বৃত্তাকার স্কেলের উপর ঘুরানো হয়। এই স্কেলে (নকশাতে দেখানো হয় নাই) বায়ুমণ্ডলের চাপ অন্তর্যায়ী দাগ কাটা থাকে। কাজেই স্কেলে সূচকের অবস্থান হইতে সরাসরি বায়ুমণ্ডলের চাপ জানা যায়।

সমস্রুত হইতে যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুচাপ তত কমিয়া যায়। সুতরাং বায়ুচাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব। Aneroid ব্যারোমিটার দ্বারা এই উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। তখন যন্ত্রটিকে বলা হয়

অল্টিমিটার (altimeter)। বায়ুচাপ নির্দেশক স্কেল ছাড়া ইহাতে উচ্চতা নির্দেশক স্কেলও যুক্ত থাকে। এরোপ্লেন চালক এবং পর্বতারোহীগণ এই যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় করেন।

4-4. বায়ুচাপের পরিমাণ (Magnitude of atmospheric pressure):

টরিসেলির পরীক্ষা-ব্যবস্থা হইতে আমরা দেখিলাম যে পারদপূর্ণ নলটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিলে নলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে প্রতি একক ক্ষেত্রে উহার ওজন বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। যেহেতু বায়ুস্তম্ভের ওজন উহার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক সেই হেতু বায়ুমণ্ডলের চাপকে সাধারণত পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, 'বায়ুমণ্ডলের চাপ 75 cm পারদস্তম্ভের সমান' বলিতে ইহাই বুঝায় যে প্রতি একক ক্ষেত্রে উক্ত দৈর্ঘ্যযুক্ত পারদস্তম্ভের যে ওজন হইবে তাহাই বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

(i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

ধরা যাউক কোনও স্থানে কোন দিন ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm দেখা গেল, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তখনকার বায়ুচাপ নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইবে :—

$$\begin{aligned} \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ, } P &= 1 \text{ sq. cm ভূমিবিশিষ্ট ও } 76 \text{ cm. উচ্চতায় } \\ &\text{পারদস্তম্ভের ওজন} \\ &= (h \times 1) \times \rho \times g \quad [\rho = \text{পারদের ঘনত্ব}] \\ &= 76 \times 1 \times \rho \times g \quad = 136 \text{ gms/c.c} \\ &= 76 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes sq. cm.} \\ &= 1.013 \times 10^6 \text{ dynes sq cm.} \end{aligned}$$

(ii) এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm হইলে এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে উহা প্রায় 30 inches-এর সমান হইবে। অতএব,

বায়ুমণ্ডলের চাপ

$$\begin{aligned} P &= 1 \text{ sq. inch ভূমিবিশিষ্ট ও } 30 \text{ inches উচ্চতা-যুক্ত পারদস্তম্ভের ওজন} \\ &= (h \times 1) \times \rho \times g \\ &= 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times 32 \text{ poundals/sq. inch.} \\ &= 14.7 \times 32 \text{ poundals/sq. inch.} \quad [\rho = \text{পারদের ঘনত্ব}] \\ &= 14.7 \text{ lbs. wt/sq inch.} \quad = \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \text{ lbs/cubic inch} \end{aligned}$$

৫-৫. বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ (Normal or standard atmospheric pressure) :

বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়ই পরিবর্তিত হয়। চাপ বেশী হইতেছে কিংবা কম হইতেছে ইহা বিচার করিতে গেলে কোন নির্দিষ্ট চাপকে মান (standard) ধরিতে হইবে। এই মানকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ বলা হয়। সমুদ্র-পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে এবং 0°C তাপমাত্রায় 76 cm উচ্চ পারদস্তম্ভ যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ধরা হয়। 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব 13 596 gms/cc. এবং 45° অক্ষাংশে সমুদ্র-পৃষ্ঠে $g = 980.6 \text{ cm/sec}^2$ পরিলে,

$$\begin{aligned}\text{বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ} &= 76 \times 13\,596 \times 980.6 \text{ dynes/sq. cm} \\ &= 1\,013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}\end{aligned}$$

লক্ষ্য করিবে যে স্বাভাবিক বায়ু-চাপের সংজ্ঞা বলিতে গিয়া নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, অক্ষাংশ এবং সমুদ্র-পৃষ্ঠের উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সকল কারণে বায়ু-চাপ পরিবর্তন করে বলিয়া উপরোক্ত নির্দিষ্ট মানকে standard বা স্বাভাবিক মান ধরা হয়। যেমন, তাপমাত্রা ভেদে পারদের ঘনত্বের পরিবর্তন হয় বলিয়া 0°C তাপমাত্রায় পদার্থকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়। তেমনি বিভিন্ন অক্ষাংশে 'g' এর মান বিভিন্ন এবং 45° অক্ষাংশে 'g' এর মান গড় (980.6 cm/sec²) বলিয়া এই নির্দিষ্ট অক্ষাংশ উল্লেখ করা হয়। তাছাড়া সমুদ্র সমতলের উচ্চতা শূন্য ধরা হয় বলিয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমুদ্র-পৃষ্ঠ হইতে মাপা হয়।

মন্তব্য :—(1) আবহবিদগণ (meteorologists) বায়ুমণ্ডলের চাপকে 'bar' এবং 'millibar' এককে প্রকাশ করিয়া থাকেন।

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} = 1 \text{ mega dyne/sq. cm.}$$

$$1 \text{ millibar} = \frac{10^6}{10^3} \text{ dynes/sq. cm} = 1000 \text{ dynes/sq. cm.}$$

এই একক অমুযায়ী বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপকে 1.013 bar বলা যাইতে পারে।

(2) গ্যাস বা তরলপদার্থ যদি দুই বেসী চাপ প্রয়োগ করে তবে উহাকে বায়ু-মণ্ডলের চাপের সত্তিত তুলনা করিয়া এই চাপকে প্রকাশ করিবার জন্ত একটি পদ্ধতি আছে। যেমন, কোন গ্যাস বা তরল পদার্থ যদি $1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$ অথবা 14.7 lbs.wt/sq. inch চাপ প্রয়োগ করে, তবে উহাকে এক বায়ুমণ্ডল (1 atmosphere) চাপ বলিয়া প্রকাশ করা হয়। তেমনি দুই, তিন বা চার ইত্যাদি

বায়ুমণ্ডল চাপ—এইভাবে গ্যাস বা তরল পদার্থের চাপকে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ atmosphere} = 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$

$$= 14.7 \text{ lbs.wt./sq. inch.}$$

(3) ব্যারোমিটারে পারদের পরিবর্তে জল ব্যবহার করিলে বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন ব্যারোমিটার নলে যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইবা থাকিবে তাহার উচ্চতা অনেক বেশী হইবে। পারদের ঘনত্ব 13.6 gms/c. c. ধরিয়া লইলে অর্থাৎ জল অপেক্ষা পারদ 13.6 গুণ ভারী হইলে যখন পারদ ব্যারোমিটারের উচ্চতা 76 cm বা 30 inches তখন জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইবে $30 \times 13.6 \text{ inches} = \frac{30 \times 13.6}{12} \text{ ft} = 34 \text{ ft.}$

সুতরাং আমরা বলিতে পারি বায়ুমণ্ডলের চাপ 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভকে ষাড়াভাবে ধরিয়া রাখিবে বা বায়ুমণ্ডলের চাপ দ্বিধা পাইলে জলকে 34 ft. খাড়া তুলিয়া দিবে (5-11 অঙ্কে 'শোষণ পাম্প' দেখা)। পারদ ব্যারোমিটার অপেক্ষা জল ব্যারোমিটার অনেক বেশী সুবেদী (sensitive) কারণ চাপের কোন পরিবর্তন হইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা বা পরিবর্তন হইবে জলস্তম্ভের উচ্চতার পরিবর্তন তাহা অপেক্ষা প্রায় 13.6 গুণ হইবে। কিন্তু জল ব্যারোমিটার যৎ অস্বাভাবিকরূপে দ্রব্য ওয়ায় উঠা নড়াচড়া করা খুব অসুবিধাজনক।

(1) আবাব জলের পরিবর্তে ব্যারোমিটার নলে অত্র কোন তরল, যেমন গ্লিসারিন ব্যবহার করিলে সেক্ষেত্রে গ্লিসারিন স্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে তাহা আমরা অন্যরূপে ব্যতির করিতে পারি।

জল-ব্যারোমিটারের উচ্চতা 34 ft. ধরিয়া লইলে, মনে করা যাক গ্লিসারিন ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইল h ft.; এক্ষেত্রে 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভ যে চাপ দিতেছে তাহা h ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপের সমান।

$$\text{এখন, } 34 \text{ ft. উচ্চ জলস্তম্ভের চাপ} = \text{উচ্চতা} \times \text{ঘনত্ব} \times g$$

$$= 34 \times 62.5 \times g$$

$$\text{এবং } h \text{ ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপ} = h \times 1.25 \times 62.5 \times g$$

$$(\text{গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = 1.25)$$

$$\text{সুতরাং } h \times 1.25 \times 62.5 \times g = 34 \times 62.5 \times g$$

$$h = \frac{34}{1.25} = 27.2 \text{ ft}$$

5-6. আবহাওয়ার পূর্বাভাস ; বায়ুচাপের উপর জলীয় বাষ্পের প্রভাব :

বায়ুচাপ নির্ণয় করা ছাড়া ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস পাওয়া সম্ভব। নানা প্রাকৃতিক কারণে কোন স্থানের বায়ুচাপ পরিবর্তিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতারও পরিবর্তন হয়।

যেমন পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে কমিতে থাকিলে বোঝা যায় যে শীঘ্রই বৃষ্টির সম্ভাবনা আছে। কারণ উচ্চতা কমার অর্থ বায়ুচাপ কমিয়া যাওয়া এবং তাহা একমাত্র সম্ভব যদি বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হয়। জলীয়-বাষ্প শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা হালকা বলিয়া ঐরূপ হয়। বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে।

তেমনি তথাৎ যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে চতুর্দিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ সহসা কমিয়া গিয়াছে। ফলে পার্শ্ববর্তী উচ্চ-চাপের স্থান হইতে প্রবলবেগে বায়ু ঐদিকে প্রবাহিত হইবে। অর্থাৎ ঝড়ের সম্ভাবনা আছে।

আবার যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডল হঠাৎ জলীয়-বাষ্পকে অপসারিত করিয়া শুষ্ক বায়ু সেই স্থান অধিকার করিতেছে। অর্থাৎ, আবহাওয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার থাকিবে।

এইভাবে ব্যারোমিটার লক্ষ্য করিয়া আবহাওয়ার পূর্বাভাস সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা করা যায়।

যে কোন স্থানের বায়ু চাপ, বায়ুপ্রবাহের অভিমুখ, বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ--ইত্যাদি বায়ুমণ্ডলের নানাবিধ ঘটনা অনবরত পরিবর্তিত হয়। আবহাওয়া অফিসে বিবিধ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের পাঠ লওয়া হয় এবং প্রাপ্ত রাশিগুলি একটি ছক কাগজে বিন্দু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সমচাপ-সম্পন্ন সকল স্থানগুলি একটি নিববচ্ছিন্ন রেখা দ্বারা সংযুক্ত করা হয়। এই ধরনের বিভিন্ন রেখা সম্বলিত ছক কাগজকে আবহাওয়া মানচিত্র (weather chart) বলে। সমচাপ-সম্পন্ন রেখাগুলি মানচিত্রে সমচাপরেখা (isobar) বলিয়া বর্ণিত থাকে। তেমনি নিম্নচাপের স্থানগুলিকে ঘূর্ণবাত (cyclone) অঞ্চল ও উচ্চ চাপের স্থানগুলিকে প্রতীপ-ঘূর্ণবাত (anti-cyclone) অঞ্চল বলা হয়। ঘূর্ণবাত বা প্রতীপ ঘূর্ণবাত কোন

নির্দিষ্ট স্থানে অধিক সময় স্থায়ী হয় না এবং ইহারা যথাক্রমে ত্রুণোগপূর্ণ ও স্বন্দর আবহাওয়া ঘোষণা করে।

5-7. ব্যারোমিটারের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় (Determination of height by a barometer) :

উচ্চতা বুদ্ধি পাইলে বায়ু-চাপ হ্রাস পায়; অতএব বায়ু চাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা যায় একথা 5 3 অঙ্কচ্ছেদে উল্লেখ করা হইয়াছে।

মনে কর, A এবং B দুইটি বিন্দু—উহাদের মধ্যে উচ্চতা H cm. এখন, ঐ দুই বিন্দুতে ব্যারোমিটার পাঠ যথাক্রমে h_1 cm পারদস্তম্ভ এবং h_2 cm. পারদস্তম্ভ। ব্যারোমিটার পাঠের পার্থক্য—অর্থাৎ $(h_1 - h_2)$ cm. পারদ-স্তম্ভের চাপ হইবে H cm. বায়ুস্তম্ভের চাপের সমান।

এখন, পারদের ঘনত্ব ' ρ ' এবং বায়ুর গড় ঘনত্ব ' d ' দিবে, ঐ পারদস্তম্ভের চাপ $= (h_1 - h_2) \rho$ gms-wt.

এবং ঐ বায়ুস্তম্ভের চাপ $= H \cdot d$ gms. wt.

$$\therefore H \cdot d = (h_1 - h_2) \rho$$

$$\therefore H = \frac{(h_1 - h_2) \rho}{d}$$

উদাহরণ : একটি বাড়ীর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন তলায় ব্যারোমিটার পাঠ দেখা গেল যথাক্রমে 29 905 inches এবং 29 949 inches, পারদ ও বায়ুর ঘনত্ব যথাক্রমে 13.53 এবং .001293 gm/c c. হইলে, বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[The readings of a barometer at the top and ground floor are 29 905 inches and 29 949 inches respectively. The densities of mercury and air are 13.53 and .001293 gm/c.c. respectively. Find the height of the building.]

উ। যেহেতু 1 inch = 2.5 cm.; কাজেই ব্যারোমিটার পাঠের তফাৎ = $(29\ 949 - 29\ 905) \times 2.5 = 044 \times 2.5$ cm.

সুতরাং পারদস্তম্ভের চাপ = $044 \times 2.5 \times 13.53$ gms-wt.

এবং বায়ুস্তম্ভের চাপ = $H \times .001293$ gms-wt.

$$\therefore H \times .001293 = 044 \times 2.5 \times 13.53$$

$$H = \frac{044 \times 2.5 \times 13.53}{.001293} \text{ cm.}$$

$$= 1152 \text{ cm.}$$

5-8. গ্যাসের চাপ এবং বয়েলের সূত্র (Pressure of a gas and Boyle's Law) :

চাপ প্রদান করিয়া গ্যাসের আয়তন অতি সহজে পরিবর্তন করা যায়— অর্থাৎ, গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility) কঠিন বা তরল পদার্থ হইতে অনেক বেশী। তাছাড়া, তরল পদার্থে বা বায়ুমণ্ডলে যেমন বিভিন্ন গভীরতায় চাপ বিভিন্ন হয়, আদর্শ গ্যাসে তাহা হয় না। আদর্শ গ্যাসের চাপ সর্বত্র সমান। উহা আধাবের সর্বত্র সমান চাপ দেয়।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক সম্বন্ধে যে-সূত্র আছে তাহাকে বয়েলের সূত্র বলে। এবাট বয়েল এই সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্রানুযায়ী বলা যায় যে তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং উহার চাপ যদি P হয় তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

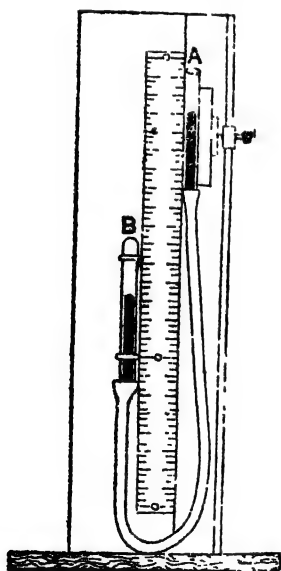
$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না হয়।}$$

অর্থাৎ, $VP = \text{একক}$ ।

বাজেট ফোন নির্দিষ্ট ভাবে গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি হয়, তবে
 $V_1 P_1 = V_2 P_2 = V_3 P_3$ ইত্যাদি।

5-9. বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Boyle's Law) :

বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করিতে 5ছ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। A এবং B দুইটি কাচনলী। B নলের উপরের মুখ বন্ধ। A নলের উভয় মুখ খোলা। উহার কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে একটি স্কেলের দুইপাশে আটকানো। A কাচনলীটি উপরে-নীচে সাবানো যায়। উভয়কে



বয়েলের সূত্র পরীক্ষার যন্ত্র

চিত্র 5ছ

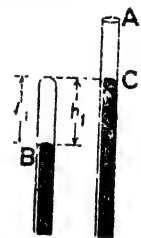
দুইপাশে আটকানো। A কাচনলীটি উপরে-নীচে সাবানো যায়। উভয়কে

একটি রবার নল ছাড়া সংযুক্ত করা আছে। A এবং B নলের কিয়দংশ এবং রবার নলটি পুরাপুরি পারদপূর্ণ। B কাচনলের পারদস্তম্ভের উপরে কিছু বায়ু আবদ্ধ। বায়ু এক প্রকার গ্যাস বলিয়া বায়ুদ্বারা বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা হইবে। B কাচনলটি সমব্যাসযুক্ত হওয়ায় পারদস্তম্ভের উপরতল হইতে B নলের প্রান্ত পর্যন্ত দৈর্ঘ্য বায়ুব আয়তনের পরিমাপস্বরূপ ধরা যাইবে। আবার কোন কোন সময়ে B নলের গায়ে আয়তনমুচক স্কেল কাটা থাকে। এই স্কেল হইতে সরাসরি B নলের বায়ুব আয়তন জানা যায়।

কার্যপ্রণালী :

A নলটিকে এমন উচ্চতায় রাখ যে উভয় নলে পারদস্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এই অবস্থায় B-নলে আবদ্ধ বায়ুব চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। স্কেল হইতে B-নলে আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। মনে কর, দৈর্ঘ্য l এবং চাপ H (বারোমিটার হইতে প্রাপ্ত)।

এইবার আন্তে আন্তে A নলকে কিছু উপরে তোল। এই অবস্থায় A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উচ্চতায় থাকিবে এবং B-নলের বায়ুব চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে। ধন, এই অবস্থায় পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ h_1 [চিত্র 5ছ (i)]। সুতরাং B-নলের বায়ুব চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ + h_1 পারদ স্তম্ভের চাপ = $H + h_1$. এখন B নলের আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধন, উচ্চা l_1 . এইরূপে A-নলের পারদ-স্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উচ্চতায় বাগিরা কয়েকবার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য

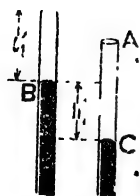


চিত্র 5ছ (i)

ও চাপ যথাক্রমে l_2, l_3 এবং $(H + h_2), (H + h_3)$ হয় তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl = (H + h_1) l_1 = (H + h_2) l_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী চাপে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য।

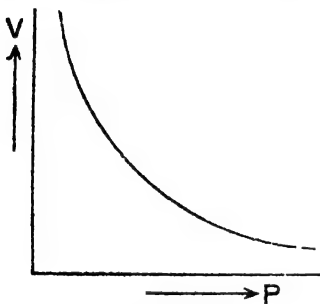


চিত্র 5ছ (ii)

পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভের নীচে থাকে। কোন এক অবস্থায়, ধন, পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পাথক্য h'_1 হইল [চিত্র 5ছ (ii)]।

সুতরাং B-নলে বায়ুচাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ - h'_1 পারদ-স্তম্ভের চাপ = $H - h'_1$ ।
এখন B-নলের বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, এই দৈর্ঘ্য l'_1 । এইরূপে
A-নলের পারদস্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ অপেক্ষা নীচুতে রাখিয়া কয়েকবার
পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে l'_2, l'_3
এবং $(H - h'_2), (H - h'_3)$ হয়, তবে দেখা যাইবে যে,
$$Hl = (H - h'_1) l' = (H - h'_2) l'_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

মন্তব্য : প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন এবং চাপ নির্ণয় করিয়া উহাদের গুণফলকে
প্রবক দেখাইবার পবিবর্তে লেখচিত্রের (graph) সাহায্যেও বয়েলের সূত্রের সত্যতা



চিত্র ১৮ (iii)

সম-উষ্ণতা লেখ

পরীক্ষা করা যায়। বয়েলের সূত্র সত্য
ধরিয়া লইলে আমরা জানি $PV = \text{প্রবক}$
অর্থাৎ, আয়তন ও চাপের একটি লেখ-চিত্র
আঁকিলে উহা উক্ত সমীকরণ অনুযায়ী
১৮ (iii) চিত্রের মতন একটি আয়তাকার
পরাবৃত্ত (rectangular hyperbola)
হওয়া উচিত। এখন পরীক্ষালব্ধ আয়তন
ও চাপগুলি একটি ছক কাগজে (squared
paper) ফেলিয়া লেখ আঁকিলে উহা যদি

আয়তাকার পরাবৃত্ত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে বয়েলের সূত্র সত্য। এই ধরনের
লেখকে উক্ত গ্যাসের সম-উষ্ণতা লেখ (isothermal) বলা হয়।

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় ও 10 বায়ুমণ্ডল চাপে 10 litres বায়ুর আয়তন
বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় কত litre হইবে ?

[What will be the volume in litre of air at normal
temperature and pressure if it occupies 10 litres at 0°C and
10 atmosphere pressure ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা 0°C হওয়াতে উভয়ক্ষেত্রে তাপমাত্রা একই
থাকিতেছে। সুতরাং এস্থলে বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করা যাইবে।

$$\text{আমরা জানি, } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } P_1 = 10 \text{ atmospheres, } V_1 = 10 \text{ litres,}$$

$$P_2 = 1 \text{ atmosphere, (বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ) এবং } V_2 = ?$$

$$\text{কাজেই } 10 \times 10 = 1 \times V_2$$

$$\therefore V_2 = 100 \text{ litres.}$$

(2) 31.4 c.c. আয়তনযুক্ত একটি আবদ্ধ কাচপাত্র বায়ুপূর্ণ করা হইল। পরে ঐ বায়ুকে 5 cm দীর্ঘ ও 1 mm ব্যাসযুক্ত একটি সরু নলে ঢুকানো হইল। ইহাতে বায়ু-চাপ দেখা গেল 4 cm পারদস্তম্ভের সমান। কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ কত ছিল?

[The air in a bulb of 31.4 c.c. capacity is compressed into a narrow tube 5 cm. long and 1 mm. diameter and the pressure of air in the narrow tube is found to be 4 cm. of mercury. What was the pressure of air in the bulb?]

উ। মনে কর, কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ = H cm পারদস্তম্ভের সমান।

এখন, সরু নলের আয়তন = $\pi r^2 \times l$

$$= 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c.c.}$$

আমবা জানি $P_1 V_1 = P_2 V_2$

এক্ষেত্রে, $P_1 = H$, $V_1 = 31.4 \text{ c.c.}$, $P_2 = 4 \text{ cm. of mercury}$,
 $V_2 = 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c.c.}$

কাজেই, $H \times 31.4 = 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4$

$$\text{অথবা } H = \frac{3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4}{31.4} = .005 \text{ cm. of mercury.}$$

(3) একটি ভাল ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm.; 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারেব ভিতর ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 70 cm. হয়। পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন নির্ণয় কর (ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq.cm.)।

[A good barometer reads 75 cm. On admitting 1 c.c. of air, the reading is 70 cm. Find the volume of the space above the mercury at the end. The cross-section of the barometer tube is 1 sq. cm.]

উ। মনে কর, বায়ু ঢুকাইবার পর পারদস্তম্ভের উপরের অংশের দৈর্ঘ্য হইল x cm.

সুতরাং, ঐ বায়ুর আয়তন = $x \times 1 \text{ c.c.}$

এখন, ঐ বায়ু পারদস্তম্ভের উপর যে চাপ প্রয়োগ করিতেছে তাহা $(75 - 70) = 5 \text{ cm.}$ পারদস্তম্ভের সমান।

ঐ বায়ুর পূর্বেব আয়তন ও চাপ যথাক্রমে 1 c.c. এবং 75 cm পারদস্তম্ভ ছিল। সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যাইবে যে,

$$x \times 1 \times 5 = 75 \times 1$$

$$\text{or, } x = 15 \text{ cm.}$$

সুতরাং পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন = $15 \times 1 \text{ c.c.} = 15 \text{ c.c.}$

(4) 1 sq. cm প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত একটি ব্যারোমিটার নলে একটি বায়ুর বদ্বব্দ টুকানো হইলে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. হইতে কমিয়া 65 cm. হয়। বদ্বব্দটি টুকাইবার পূর্বে পারদস্তম্ভের উপরের শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 6 cm. থাকিলে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ঐ বদ্বব্দটির আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

[A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section, and the mercury column falls from 75 cm. to 65 cm. If the space before the introduction of air was 6 cm. long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.] [H. S. Exam 1960]

উ। পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য-হ্রাস = $75 - 65 = 10$ cm.

সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = $10 + 6 = 16$ cm.

ঐ বায়ুর আয়তন = $16 \times 1 = 16$ c.c.

এবং " " চাপ = $(75 - 65) = 10$ cm. of mercury.

যদি মনে করা যায় বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (76 cm. of Hg)
নির্ণেয় আয়তন x c.c., তবে বয়েলেব সূত্রানুযায়ী,

$$x \times 76 = 16 \times 10$$

$$\therefore x = \frac{16 \times 10}{76} = 2.105 \text{ c.c.}$$

(5) কোন জলাশয়ের তলদেশ হইতে উপবতলে আসিতে একটি বদ্বব্দের আয়তন পাঁচগুণ বৃদ্ধি পাইল। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 30 inches হইলে জলাশয়ের গভীরতা কত? পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms c.c.]

[The volume of an air bubble increases five-fold in rising from the bottom of a lake to the surface. If the barometric height be 30 inches, find the depth of the lake. Density of mercury = 13.6 gms/c c.]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ জলস্তম্ভের দ্বারা প্রকাশ করিলে উহার উচ্চতা হইবে = 30×13.6 inches.

যদি জলাশয়ের গভীরতা h inches ধরা হয় তবে, উহার তলদেশে মোট
চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ + জলস্তম্ভের চাপ
= $(30 \times 13.6 + h)$ inches of water.

তলদেশে থাকাকালীন বদ্বৃদের আয়তন V ধরিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$(30 \times 13.6 + h).V = 5V \times 30 \times 13.6$$

$$\text{or, } 408 + h = 2040$$

$$\therefore h = 1632 \text{ inches}$$

$$= 136 \text{ ft.}$$

(6) একটি গ্যালি খোলাযুগ বোতলের মুখ নীচু দিকে ববিয়া সমুদ্র জলে (আঃ গুঃ = 1.03) ডুবানো হইল। কত গভীরে ডুবাইলে বোতলটি সম্পূর্ণ আয়তনের $\frac{1}{4}$ অংশ জলে ভর্তি হইবে? বায়ুমণ্ডলের চাপ 30 inches পারদস্তম্ভের সমান।

[An open bottle is immersed upside down in sea-water (sp. gr. = 1.03). To what depth is it to be immersed so that $\frac{1}{4}$ of its volume is filled up by water? The atmospheric pressure is 30 inches of mercury.]

উ। মনে কর নির্ণয় গভীরতা = h inches এবং বোতলের আয়তন = V .

গ্যালি অবস্থায় বোতলের সম্পূর্ণ আয়তন বায়ু দ্বারা অধিকৃত এবং উহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

' h ' গভীরতায় বায়ুর আয়তন = $\frac{3V}{4}$ এবং উহার চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ +

h inches জলস্তম্ভের চাপ = $30 \times 13.6 + h \times 1.03$

অতএব বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V \times 30 \times 13.6 = \frac{3V}{4} \times (30 \times 13.6 + h \times 1.03)$$

$$\text{or, } 30 \times 13.6 - \frac{3}{4} (30 \times 13.6) = \frac{3 \times h \times 1.03}{4}$$

$$\therefore h = \frac{30 \times 13.6}{3 \times 1.03} \text{ inches}$$

$$= \frac{30 \times 13.6}{3 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 11.2 \text{ ft.}$$

(7) একটি 6 ft. লম্বা একমুখী নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইল। নলের খোলামুখ হাত দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইয়া একটি পারদপূর্ণ পায়ে খোলামুখ ঢুকাইয়া দেওয়া হইল। ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches হইলে খাড়া অবস্থায় ঐ নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে?

[A tube 6 ft. in length, closed at one end, is half-filled with mercury and is then inverted with its open end just dipping into a mercury trough. If the barometer stands at 30 inches, what will be the height of mercury inside the tube?]

উ। নলের দৈর্ঘ্য = 6 ft = 72 inches; ধর, নলের প্রস্থচ্ছেদ = α .
সুতরাং নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইলে বাকি অংশকে যে বায়ু আছে তাহার আয়তন = $\frac{72}{2} \alpha$. α = 36. α . এই বায়ুর চাপ = 30 inches.

এখন, নলটিকে উল্টাইলে, ধর, পারদস্তম্ভ 'h' উচ্চতায় থাকিল। সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = (72 - h) inches এবং ঐ বায়ুর আয়তন = (72 - h) α . ঐ বায়ু যে চাপ প্রদান করে তাহা = (30 - h) inches.

অতএব বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$36 \cdot \alpha \cdot 30 = (72 - h) \alpha \cdot (30 - h)$$

$$\text{or, } 36 \cdot 30 = (72 - h)(30 - h)$$

$$\text{or, } h^2 - 102h + 1080 = 0$$

$$\text{or, } (h - 90)(h - 12) = 0$$

$$\therefore h = 90 \text{ inches অথবা } 12 \text{ inches.}$$

কিন্তু নলের মোট দৈর্ঘ্য 72 inches হওয়ায় $h = 90$ inches হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং নলের অভ্যন্তরস্থ পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য = 12 inches.

(8) দুই বিভিন্ন সময় যখন একটি ক্রটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ $28\frac{1}{2}$ inches এবং 31 inches তখন একটি ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28 inches এবং 30 inches; যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিবে তখন যথার্থ পাঠ কি হইবে?

[A faulty barometer reads 28 inches and 30 inches when a true barometer reads $28\frac{1}{2}$ inches and 31 inches respectively. Find the true reading when the faulty barometer stands at 29 inches.]

বায়ুগুলের চাপ এবং চাপসংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প

উ। যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ 28 inches, তখন, যদ্যপি, প্যারদন্তের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য l inches, অতএব উহার আয়তন $= l \times \alpha$
[α = নলের প্রস্থচ্ছেদ]

ঐ বায়ুর চাপ = ক্রটিহীন ব্যারোমিটারের উচ্চতা - ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা

$$= 28\frac{1}{2} - 28 = \frac{1}{2} \text{ inch.}$$

আবার যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার পাঠ 30 inches, তখন প্যারদন্তের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (30 - 28) = (l - 2)$ inches এবং উহার চাপ $= 31 - 30 = 1$ inch. কয়েকটি বয়েলব সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{2} l \times \alpha = 1 \times (l - 2) \alpha.$$

$$\therefore l = 4 \text{ inches.}$$

সবশেষে যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিতেছে তখন বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (29 - 28) = l - 1 = 3$ inches. তখনকার ব্যারোমিটার পাঠ যদি P inches হয়, তবে ঐ বায়ুর চাপ $= (P - 29)$ inches.

$$\therefore \frac{1}{2} l \times \alpha = 3 \times (P - 29)$$

$$\text{or, } \frac{1}{2} \times 4 = 3(P - 29)$$

$$\text{or, } P - 29 + \frac{2}{3} = 29\frac{2}{3} \text{ inches.}$$

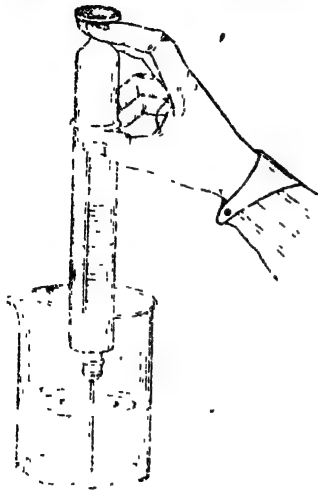
5-10 বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র (Air pressure machines):

বায়ুগুলের চাপকে অবলম্বন করিয়া কতকগুলি যন্ত্র তৈয়ারী হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির সাহায্যে নীতি হইতেছে নিম্নরূপ:

একটি বায়ু-নিকট পিস্টনের সাহায্যে কোন আবদ্ধ জায়গায় বায়ুর চাপ কমানো হয় এবং বাহিরের বায়ুগুলের চাপের সাহায্যে কোন তবলকে ঐ আবদ্ধ জায়গায় ঢুকানো হয়। তবল সাহায্যে একদিকেই যাইতে পারে এইজন্য একপ্রকার ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাকে ভাল্ভ (valve) বলে। এই ভাল্ভ তরলকে একদিকে যাইতে দেয় এবং বিপরীত দিক হইতে তরল আসিলেই ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায়। সিরিঞ্জ (syringe), বিভিন্ন ধরনের গাম্প ইত্যাদি যন্ত্র এই নীতিতেই তৈয়ারী।

৫-11. পিচ্কারী (Syringe) :

একটি কাচের চোঙের একমুখ সূচাল এবং অপরমুখ খোলা। চোঙের ভিতর দিয়া একটি বায়ুনিক্ত পিস্টন উপর-নীচে যাতায়াত করিতে পারে। ইহাই পিচ্কারী বা সিরিঞ্জ। সূচাল মুখ কোন তরলে ডুবাইয়া পিস্টনটি উপরে টানিলেই চোঙটি তরল দ্বাৰা পূর্ণ হইয়া যায় (৫জ নং চিত্র)।



পিচ্কারী বা সিরিঞ্জ

চিত্র ৫জ

কার্যপ্রণালী : পিস্টনটি উপরের দিকে টানিলে পিস্টনের তলায় বায়ুৰ আয়তন বৃদ্ধি হয়। ফলে এই বায়ুৰ চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কমিয়া যায়। পাত্রস্থ তরলের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। এই বেশী চাপের ফলে তরল সূচাল মুখ দিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিয়া পড়ে। যখন পিচ্কারী তরল হইতে বাহিরে আনা যায় তখন বায়ুমণ্ডলের উপর চাপের ফলে তরল সূচাল মুখ হইতে পড়িয়া যায় না। আবার পিস্টনটি নীচের দিকে সৈলিয়া

দিলে চোঙের তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। তখন তরল সূচালমুখ দিয়া বাহিরে হইয়া আসে।

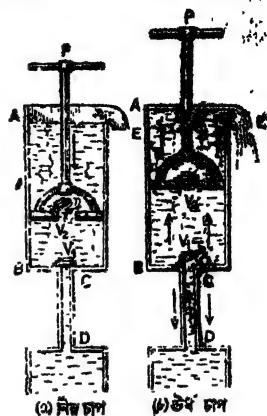
চিৰিংস্কেরা এই ধরনের পিচ্কারী দ্বাৰা ইনজেকশন দেন। হাল ডা কলমে কালি চিনিবার ডুপার, সবনত খাইবার স্কব বার্ণ প্রভৃতি একই নীতি অনুযায়ী কাজ করে।

5-12. শোষণ বা সাদারণ পাম্প (Suction or Common pump) :

ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে জল তুলিবার জন্য স্ট্রিউব-পম্পেলে এই পাম্প ব্যবহার করা হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : AB একটি লোহার শক্ত চোঙ (৫ঝ নং চিত্র)। চোঙের তলায় অপেক্ষাকৃত সরু একটি নল CD লাগানো থাকে। যে-স্থান

হইতে জল তুলিতে হইবে এই নলটি তাহার ভিতর ডুবানো থাকে। টিউবগুলো এই নল মাটির ভিতর জলের স্তর অবধি ঢুকানো থাকে। চোঙটির ভিতর একটি জল-নিরুদ্ধ (water-tight) পিস্টন P উঠা-নামা করিতে পারে। এই পিস্টনটির তলায় একটি গোলাকার চাকতি থাকে এবং ঐ চাকতিব মধ্যস্থলে একটি ফুটা দিয়া জল উপরে আসিতে পারে। পিস্টন দণ্ডের সাহায্যে চাকতিটিকে চোঙ বরাবর উঠা-নামা করানো যায়। চোঙটির প্রায় উপরের প্রান্তে একটি গোলা-মুখ E (spout) আছে যাহা হইতে জল বাহির হইয়া আসিতে পারে। V_1 এবং V_2 দুইটি ভাল্ভ আছে। ইহারা উপরের দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে নীচু হইতে উপরে বাইতে দেয় কিন্তু জল উপর হইতে নীচুতে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায়। V_1 ভাল্ভ CD নল ও AB চোঙের সংযোগস্থলে এবং V_2 ভাল্ভ পিস্টনের সহিত যুক্ত।



সাদৃশ্য পাম্পের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ক

কার্যপ্রণালী :

[5ক (a) ও (b) নং চিত্র হইতে ইহা ব কার্যপ্রণালী বুঝা যাইবে।

ধরা যাউক, যখন পাম্প ক্রিয়া আবস্ত করিল তখন পিস্টনটি চোঙের সবনিম্ন স্থানে আছে এবং ভাল্ভ দুইটি বন্ধ। এখন পিস্টনকে উপরের দিকে তুলিলে পিস্টনের তলাব বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইবে এবং বায়ুর চাপ অনেক কমিয়া যাইবে। কিন্তু V_2 ভাল্ভের ওপর নির্মুখী চাপ এবং V_1 ভাল্ভের উপর উর্ধ্বমুখী চাপ বায়ুগুলের চাপের সমান। বায়ব পিস্টনের উপরে CD নলে সাধারণ বায়ু বর্তমান। ফলে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে কিছু জলও চোঙে পৌছাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত পিস্টন সর্বোচ্চস্থানে যাইবে ততক্ষণ C নল দিয়া বায়ু ও জলের এইরূপ উর্ধ্বগতি হয় এবং ইহারা চোঙের কিছু অংশ অধিকার করে।

এখন পিস্টনকে নীচের দিকে নাগাইলে AB চোঙের বায়ু ক্রমাগত চাপ

থাকিবে এবং যখন ইহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে তখন V_2 ভাল্ভ খুলিয়া যাইবে এবং বায়ু খোলামুখ দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। খানিকটা জলও পিস্টনের উপর আসিতে পারে। যতক্ষণ পিস্টন নীচেরদিকে নাযিবে ততক্ষণ এইপ্রকার ক্রিয়া চলিবে এবং ততক্ষণ V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে।

এইরূপ কয়েকবার পিস্টনকে উঠা-নামা করাইলে জল E-মুখ পর্যন্ত পৌঁছিবে। তারপর আবার একবার পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে E-মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিবে এবং একবার বাহির হইলে পিস্টনের প্রত্যেক উর্ধ্বগতিতে জল E-মুখ দিয়া বাহির হইবে।

মনে রাখিবে যে পিস্টনের নিয়গতিতে জল পিস্টনের উপর সঞ্চিত হয় এবং উর্ধ্বগতিতে ঐ জল E-মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

যন্ত্রের সীমা (Limitation of the pump) : গ্যাম্পের বায়ুপমালী হইতে বোঝা যায় যে চোড়ে জল প্রবেশ করিবার ক্ষমতা দ্বারা হইতেছে বায়ুমণ্ডলের চাপ। কিন্তু আমাদের জানা আছে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ জলস্তর প্রায় 34 ফুট পর্যন্ত তুলিতে পারে। কাজেই জলাশয়ের জল-স্তর হইতে চোড় পর্যন্ত CD নলের উচ্চতা 34 ফুটের বেশী হইলে পাম্প দ্বারা জল তোলা যাবে না। প্রকৃতপক্ষে এই নল 30 ফুটের বেশী নথ্য করা হয় না।

দ্রষ্টব্য : (1) টিউবওয়ে অনেক সময় 34 ফুটের অনেক বেশী পর্যন্ত পর্যন্ত নল বসাইতে হয়, সেখানে মনে রাখিতে হইবে যে, মাটির ভিত্তির জলস্তর এবং সহিত কাছাকাছি কোন পুণ্ডর, নদী ইত্যাদির সংযোগ আছে। কাজেই ঐ স্থানের জল সময়েভেলে প্রবণতার ক্ষমতা নথ্য রাখা পুণ্ডরের জলের তরং পর্যন্ত আপনা আপনিই উঠিলে। কাজেই এক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে মাটি হইতে চোড় পর্যন্ত নলের উচ্চতা 34 ফুটের কম কিনা।

(2) পিস্টনের চাক্তিটিকে চোড়ে বা বরাবর বায়ুনিক্ষেপণাবে চলাচল করাইবার জন্য চাক্তির বেড় একটি চামড়ার পটি লাগানো থাকে। ইহাকে 'ওয়াশার' বলে। চামড়ার 'ওয়াশার'টি চোড়ের গবেষণা আঁট হইয়া থাকে। কিন্তু কিছুদিন পাম্প ব্যবহার না করিলে চামড়া শুকনাইয়া শক্ত হইয়া যায় এবং তখন 'ওয়াশার' আর তেমন আঁট থাকে না। এই অবস্থায় ঐ পাম্প দিয়া আর জল তোলা যায় না।

(3) আবার অনেক সময় দেখা যায় যে পাম্প ঠিকমত কাজ করিতেছে না কিন্তু উপর হইতে চোঙের ভিত্তর জল ঢালিয়া দিলে পাম্প কাজ করিতে শুরু করে। ইহার কারণ এই যে 'ওয়াশার'টি কোন কারণে পূর্ব হইতেই একটু আলগা ছিল। জল পাইবা চামড়া ফুলিয়া উঠে এবং তাহাতে 'ওয়াশার' আবার আঁট হইয়া যায়। তখন পাম্প ঠিকমত কাজ করিতে পারে। ইহাকে 'প্রিমিং' (priming) বলে।

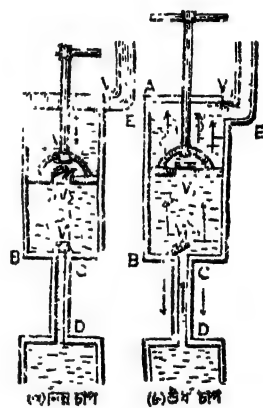
5-13. উত্তোলক পাম্প (Lift Pump) : কোন বাড়ীর দোতলা বা তিন তলায় অথবা কোন উঁচু ভাষগাতে জল তুলিবার জন্য এই পাম্প ব্যবহৃত হয়।

পাম্পের বিবরণ : এহ পাম্প পূর্ণবর্ণিত সাধারণ পাম্প-এর মত। কেবল E-মুখটি নাটদিকে না করিয়া উঠান সঙ্গে যুক্ত একটি লম্বা উপরমুখী নল যেখানে জল তুলিতে হইবে সেই পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়। E-মুখে একটি ভাল্ভ V_3 থাকে। ইহা বাহিরের দিকে গেলে অর্থাৎ চলকে AB চোঙে হইতে E-নলে প্রবেশ করিতে দেয় কিন্তু উঠা দিক হইতে জল আসিলেহে V_3 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় (5-13 নং চিত্র)।

কার্যপ্রণালী :

সাধারণ পাম্পের মত কয়েকবার পিস্টনের উপর নাট ওয়াশার নামা করাইলে জলগার হইতে জল চোঙে প্রবেশ করিয়া E-মুখে পর্যন্ত আসিবে। পিস্টনের পবেব যাবৎ উপরগতিতে এই জল V_3 ভাল্ভকে খুলিয়া E-নলে প্রবেশ করিবে। বতবার পিস্টনের উপরগতি হইবে ততবারই জল E-নলে প্রবেশ করিবে এবং নল বাহিয়া জল ক্রমশ উপরে উঠিবে। পিস্টনের নিরগতির সময় এই জল চোঙে ফিবিয়া আসিতে চেষ্টা করিবে কিন্তু জলের চাপে V_3 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাওয়ায় জল চোঙে আসিতে পারিবে না।

এখানে লক্ষ্য করিবে যে E-নল বাহিয়া জল উপরে উঠিবার ব্যাপারে বায়ুমণ্ডলের চাপ কোন ক্রিয়া করিতেছে না। কাজেই E-কে ইচ্ছামত লম্বা করিয়া এবং V_3 ভাল্ভকে উচ্চ চাপসহ করিয়া জলকে যে-কোন উচ্চতায় পৌছানো



উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী

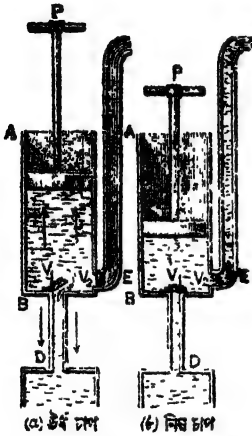
চিত্র 5-13

হইবে। শুধু পিস্টনকে জোরের সহিত উপরের দিকে টানিয়া লইতে হইবে।
বৈদ্যুতিক উত্তোলক পাম্পে পিস্টনকে বিদ্যুৎশক্তির সাহায্যে উঠানিয়া
করানো হয়।

5-14. ফোর্স-পাম্প (Force Pump) :

আগুন নিভাইবার জন্য জোরে জল ছুঁড়িয়া দিতে এই শ্রেণীর পাম্প ব্যবহৃত
হয়। গত যুদ্ধে যে স্টিমপাম্প A. R. P. কার্বে ব্যবহৃত হইয়াছিল তাহা
এই ফোর্স-পাম্প।

বিবরণ : সাধারণ পাম্পের সহিত এই পাম্পের পার্থক্য এই যে E মুখটি



ফোর্স-পাম্পের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ট

চোঙেব প্রায় তলদেশে অবস্থিত এবং
উন্নতিমুখী। E-মুখে একটি ভাল্ভ V_2
লাগানো আছে যাহা জলকে কেবল চোঙ
হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয়। ফোর্স
পাম্পের পিস্টনটি নিরেট (solid) এবং
ইহাতে কোন ভাল্ভ (valve) নাই
(5ট নং চিত্র)

কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনটি উন্নতি হয় তখন V_1
ভাল্ভ খুলিয়া গিয়া জলাগার হইতে জল চোঙে
প্রবেশ করে। তখন V_2 ভাল্ভ বন্ধ থাকে।
কিন্তু পিস্টনের নিম্নাভিমুখী গতিতে সময়

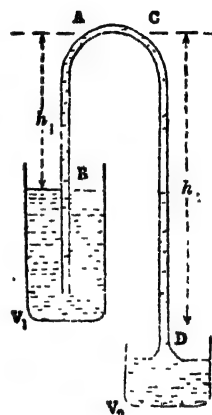
এই জল চাপ থাকিবে V_2 ভাল্ভকে খুলিয়া দেয় এবং E নল দিয়া জল বাহির
হইয়া যায়। এই সময় V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকে। কাজেই পিস্টনকে যদি খুব
জোরে নাচের দিকে ঠেঁসিয়া দেওয়া যায় তবে E মুখ দিয়া জলও খুব জোরে
বাহির হইয়া অনেক দূর পর্যন্ত যাইবে।

এখানে লক্ষ্য রাখিবে যে জলাগার হইতে চোঙে জল টানিয়া লইবার সময়
এই পাম্প সাধারণ পাম্পেরই মত কাজ করে। সুতরাং সাধারণ পাম্পের
সীমা সত্ত (conditions of limitations) এখানেও প্রযোজ্য। কিন্তু যে
জোরেব সহিত এই জল বাহির হইবে তাহা পিস্টনের শক্তি ও পিস্টনের উপর
প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের উপর নির্ভর করে।

5-15. সাইফন (Siphon)

পাত্রকে সরাসরি না নড়াইয়া এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে তরলের স্থানান্তর বা তলানীয়ুক্ত তরল পদার্থ হইতে পরিষ্কার তরলকে স্থানান্তরিত করা ইত্যাদি কার্গে সাইফন ব্যবহৃত হয়।

বিবরণ ও কার্যপ্রণালী : একটি U আকারের কাচ বা ববার নলকে সাইফন হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। সাইফনে এক বাহু অপরাধ বাহু অপেক্ষা লম্বা হওয়া প্রয়োজন। যে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে প্রথমে নলটি সেই তরলদ্বারা পূর্ণ কব। নলের খোলা মুখ দুইটি আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ছোট বাহু তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দাও এবং বড় বাহু খালি পাত্রে রাখ। আঙুল সরাইয়া লইলে তরলপূর্ণ পাত্র হইতে তরল নল বাহিয়া ক্রমাগত খালি পাত্রে জমা হইবে (5½ নং চিত্র)।



সাইফনের কার্যপ্রণালী
(চিত্র ৫)

কার্যপ্রণালীর ব্যাখ্যা :

একটি অণুভূমিক রেখায় তরলের ভিত্তি A এবং (৫½টি বিন্দু লও।

A বিন্দুতে চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ -- AB তলস্থ তরল চাপ

$$= P - h_1 d g.$$

[P = বায়ুমণ্ডলের চাপ, d = তরলের ঘনত্ব, $h_1 = V_1$ পাত্রস্থ তরল তল হইতে A বিন্দু উচ্চতা।]

এইভাবে C বিন্দুতে চাপ $= P - h_2 d g.$

যেহেতু $h_1 < h_2$, $(P - h_1 d g.) > (P - h_2 d g.)$

অর্থাৎ A বিন্দুতে চাপ C বিন্দু অপেক্ষা বেশী। কাজেই সর্বদা তরল A বিন্দু হইতে C বিন্দুতে যাইবে এবং বড় বাহু বাহিয়া V_2 পাত্রে পড়িবে। বিস্তৃত যেই A বিন্দু হইতে তরল সরিয়া গেল সঙ্কে সঙ্কে বায়ুমণ্ডলের চাপে V_1 পাত্র হইতে আবশ্যিক তরল ছোট বাহু বাহিয়া A বিন্দুতে পৌঁছাইবে। এইভাবে ক্রমাগত তরল V_1 পাত্র হইতে নল বাহিয়া V_2 পাত্রে জমা হইবে।

সাইফন ক্রিয়ার শর্ত :

(1) h_1 উচ্চতা সর্বদা h_2 উচ্চতার কম হইতে হইবে। কারণ $h_1 = h_2$ হইলে A বিন্দুর চাপ = C বিন্দুর চাপ হইবে এবং কোন তরল A হইতে C বিন্দুতে যাইবে না এবং সাইফন-ক্রিয়া বন্ধ হইবে।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারে তাহা অপেক্ষা h_1 কম হওয়া প্রয়োজন। কারণ A বিন্দু পর্যন্ত তরলকে পৌঁছাইয়া দেয় বায়ুমণ্ডলের চাপ। জলের বেলিতে h_1 -এর উচ্চতা 34 ফুটের কম হওয়া প্রয়োজন।

(3) বায়ুশূন্য স্থানে সাইফন-ক্রিয়া হয় না। কারণ বায়ুশূন্য স্থানে AB নলের ত্বরণ V_1 পাঠ্রে এবং CD নলের ত্বরণ V_2 পাঠ্রে পড়িয়া যাইবে এবং আব কোন তরল নল বাহিয়া উঠিবে না। সেই হেতু সাইফন-ক্রিয়াও বন্ধ হওয়া যাইবে।

উদাহরণ :

1.02 আর্পেক্সিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি তরলকে সাইফন দ্বি-বাব সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা সবাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সম্ভব চলে থাকিবে ? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 30 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon a liquid (sp. gr. = 1.02) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? Atmospheric pressure = 30 inches of mercury.]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারিবে তাহাই হইবে বাধার সর্বাধিক উচ্চতা। বাধার উচ্চতা তদপেক্ষা বেশী হইলে বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে ঐ উচ্চতা পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দিতে পারিবে না ; কাজেই সাইফন ক্রিয়াও চালু থাকিবে না।

ধরা যাক নির্ণেয় উচ্চতা = h inches , এক্ষেত্রে h inches উচ্চ তরল-স্তম্ভের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ।

এখন, বায়ুমণ্ডলের চাপ = $30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times g$ poundal/sq. inch.

$$\text{এবং তরলের চাপ} = h \times \frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g \quad \text{"} \quad \text{"}$$

$$\therefore h \times \frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g = 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times g$$

or, $h = \frac{30 \times 136}{1.02}$ inches.

$$= \frac{30 \times 13.6}{102 \times 12} \text{ ft.} = 33.3 \text{ ft (अग्र)}$$

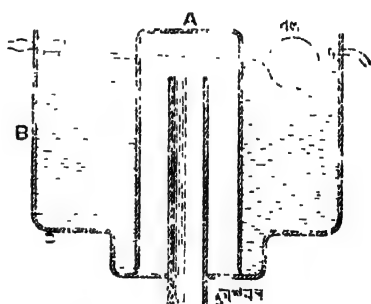
সুতরাং বাধান সর্বাধিক উচ্চতা = 33.3 ft. (প্রায়)

সাইফনের প্রয়োগ :

স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ (Automatic flush): কলিকাতা, বোম্বাই ও ভূমি
বুড় বড় শহরে পান্যপান, প্রাশ্রাবাগার পরিষ্কার কবিরূপ ডান স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ
ব্যবহৃত থাকে, তাই এখানে দেখা যায় থাকবে। একটি শিশু লটামিনে প্রবেশ করলে
অন্য ব্যক্তিও ততক্ষণ পান্যপান প্রকৃত পক্ষেই হবে। এ স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থা
সংকল্পের প্রয়োগের ফলে সম্ভব হয়েছে।

১৩ একটি জলাশয় [৫৪ (১) নং চিত্র] হ'ল। পান্যপান বা প্রয়োজ্যগণের
হাদেব একটি নীচে দেখানোর সহিত আটকানো থাকে। এক আবার
ছইতে একটি পাই, বাতিব কুঁঠা আশিহাছে। হ'লকে ম্যান্ডল বলে।

A একটি ঢাকনা - একটি শিকল
 ইহাব সঠিক যুক্ত। এই শিকল
 টানিলে ঢাকনাটি উড়তে উঠে।
 অধাবণ অবস্থায় ঢাকনাটি ঢলাধাবব
 জলকে ফ্রাশনের মুখ পযন্ত উঠিতে
 ধেষ না। যেই শিকল টানা ইহদ
 তখন ঢাকনাটি উড়তে উঠে এবং
 জল জ্বতবেগে ফ্রাশনের মুখ পযন্ত
 উঠিধ। সাইফন-ক্রিয়াব ফলে

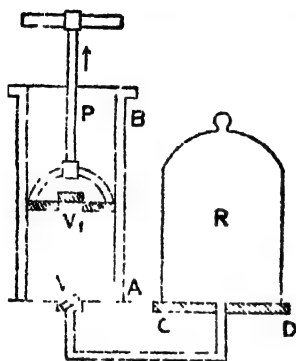


ਅਦਰਸ਼ਿਕ : ਛਾਤਰ
ਚਿਤ੍ਰ : 58 '1)

প্রথমেই নল বাহিয়া বাহিব হইয়া আসে। মক্ষণ পর্যন্ত না ফলায়
জলশূন্য হয় ততক্ষণ জলের তোড়ে ঢাকুনাটি পড়িয়া যায় না। এই টাঙ্কে
একটি লিভারদণ্ডযুক্ত বল থাকে (চিত্র দেখ)। টাঙ্কে যত জল জমা হইতে
থাকে তত বলটি উপরে ভাসিয়া উঠে এবং লিভারদণ্ডের অগ্রশূন্যেই

থাকে। লিভারদণ্ডের অপরপ্রান্তে একটি ভাল্ভ থাকে। ট্যাংকে জল একটি নির্দিষ্ট লেভেলে পৌছাইলে লিভারদণ্ড কর্তৃক ঐ ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং ট্যাংকে আর জল পড়ে না। পুনরায় শিকল টানিয়া ক্ল্যাশনল দিয়া জল বাহির করিয়া দিলে বলটি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং লিভারদণ্ড পূর্বোক্ত ভাল্ভকে খুলিয়া দিবে এবং ট্যাংকে জল জমিতে শুরু হইবে। এইভাবে সমগ্র ব্যবস্থাটি স্বয়ংক্রিয় ভাবে চলিতে থাকে।

5-16. বায়ু নিষ্কাশক পাম্প (The exhaust pump or the air pump):



ক. নিষ্কাশক পাম্পের নকশা।

চিত্র 5ড

বায়ুপূর্ণ কোন বদ্ধস্থানের বায়ুকে বাহির করিয়া লইবার জন্য এই পাম্প ব্যবহৃত হয়। 1650 খ্রীষ্টাব্দে ফ্রান্সীয় বিজ্ঞানী গেরিক এই পাম্পের উদ্ভাবন করেন।

বিবরণঃ 5ড নং চিত্রে এই পাম্পের ভবি দেখানো হইল। AB একটি দাড়ব চৌক। ইহার মধ্য দিয়া একটি পিস্টন P বায়ুর নিষ্কাশনের উদ্দেশ্যে বায়ুকে বাহির করিতে পারে। CD একটি গোল প্রেট। ইহাকে পাম্পের বোরা (disc) বলে।

ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। AB চৌকের নীচে একটি ছিদ্রের সহিত বোরা (R) রাখা আছে। ইহাকে পাম্পের Receiver বলে। এই পাম্পের অভ্যন্তরস্থ বায়ু পাম্প দ্বারা নিষ্কাশন করিতে হইবে। বায়ুপাত্র ও বোরা (R) জোড়ে মুখ ভেস্টান দিয়া বায়ুনিষ্কাশক করা হয়। AB চৌকের ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ V_1 এবং পিস্টনের একটি ভাল্ভ V_2 আছে। উভয় ভাল্ভই উপরে দিকে খুলিতে পারে অর্থাৎ, বায়ু উপরে দিকে যাইতে পারে কিন্তু উপরে হইতে নীচে আসিতে পারে না।

কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনকে চৌকের সর্বনিম্ন অবস্থানে হইতে আস্তে আস্তে টানিয়া উঠা হইবে, তখন পিস্টনের নীচে আংশিক বায়ুশূন্য স্থান সৃষ্টি হয় এবং ঐ স্থানের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কম হইয়া পড়ে। ফলে

R-পাত্রেব বায়ু (বাহ্যার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান) V_2 -ভাল্ভকে খুলিয়া AB চোঙে প্রবেশ করে। বায়ুর এইরূপ প্রবেশ চলিতে থাকিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না পিস্টন চোঙের সর্বোচ্চ স্থানে পৌঁছাইবে। এই সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে কারণ পিস্টনের উপরেব বায়ু ঐ ভাল্ভেব উপর বেশী নিম্নমুখী চাপ প্রয়োগ করিবে। স্তব্ধ বায়ু পিস্টনের উল্লম্ব দিকতঃ R-পাত্রেব বায়ু আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া সমস্ত চোঙ অধিকাব কবে।

যখন পিস্টনকে নীচুতে আনানো হইবে তখন চোঙের বায়ু ক্রমশ চাপ খাইবে এবং যখন বায়ু চাপ বৃদ্ধি পাইয়া বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়িয়া যাইবে তখন V_1 ভলুম গুলিয়া যাইবে এবং ছিঁত দিয়া চোঙের বায়ু গভির হইয়া যাইবে। V_2 ভলুমে উপর ভোল নিষ্কাশন পড়ায় এই সময় V_2 ভলুম বন্ধ হইয়া যাইবে। স্বত্বাং পিস্টনের নিষ্কাশনে AB চোঙে অবস্থিত গ্যাস নিষ্কাশিত হইবে।

এছাড়াও সিস্টমকে ভাগ্য : উপ-নীচ ধরিতো R-পাত্রেব বায়ু কমণ
 মিত্র হুইয়া যাওবে এবং অপরূপে উহা প্রায় বায়ুশূন্য হইবে।

এখানে একটা কথা মনে রাখিতে হইবে যে এই পাম্প দ্বারা R-পাত্র সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য করা যায় না। কারণ V_2 ভলিউমে কিছু গুহন আছে। উত্থানে ঠেঁগিয়া পুনর্বার জন্ম বিচ্ছিন্ন নানহুম বলের প্রয়োজন। ক্রমশঃ বায়ু নিদাশিত হইয়া অবশেষে সামান্য একটু বায়ু R-পাত্রে থাকিবে। যাহা যাহা V_2 ভলিউমে পুনর্বার জন্ম নানহুম বলপ্রয়োগ করিতে পারে না।

[নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণয় (Calculation of the degree of exhaustion)] :

নিষ্কাশক পাম্পের পিস্টনটি একবারের চাবাইনে ১২-৭৫ বার ঘোরে বায়ু গুলি
 ছুটেবে। পিস্টনের '৮' বাব সম্পূর্ণ গতিতে একবার উঠার গতিতে ৭৫ একবার নিম্নগতি—
 এই দুইটি লইয়া একটি সম্পূর্ণ গতি হবে। ফলে ১২-৭৫ বার বায়ু থাকিবে উঠার
 সময় বা চাপের দ্বারা নিষ্কাশনের মাধ্যমে নির্গত হয়। এই ধরনের চাপ নিষ্কাশিত
 উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

এনে ধর, A' হইতে B পর্যন্ত চোড়ের আয়তন $= p$

R পাত্র এবং রবাব নলের যুক্ত আঁকন :- ১৭

১২. পাত্রেব বায়ব প্রাথমিক ঘনত্ব = ১১

ନିମ୍ନ ଲିଖିତ ଅନୁସାରେ ଗଣନା କରାଯାଇଛି - ୧୨

যখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে যায় তখন R-পাঞ্জ ও স্রবাস নলে যে V আয়তনের বায়ু আছে তাহা প্রসারিত হইয়া চোঙ অধিকার করে এবং উহার আয়তন হয় $(V+v)$ । এই প্রসারণের ফলে বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ কমিয়া যায়। যদি ঘনত্ব ও চাপ যথাক্রমে D_1 এবং P_1 হয়, তবে যেহেতু বায়ুর ভর একই আছে সেই হেতু লেখা যাইতে পারিব,

$$VD = (V+v) D_1$$

$$\text{or, } D_1 = \left(\frac{V}{V+v} \right) D \quad \dots (i)$$

অতএব, বয়েলের সূত্রানুযায়ী প্রামাণ্য লিখিতে পারি,

$$P_1 V = P_2 (V+v)$$

$$\text{or, } P_2 = \left(\frac{V}{V+v} \right) P \quad \dots (ii)$$

এখন পিস্টন 1'-প্রান্ত হইতে A-প্রান্তের দিকে আসিলে চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে এবং 1'-পাঞ্জ ও বরাস নলে D_2 ঘনত্ব ও P_2 চাপের বায়ু থাকিবে। পিস্টনের পদগতি প্রসারিত হইতে এই বায়ুর পুনরায় প্রসারণ হইবে এবং $(V+v)$ আয়তন অধিকার করিবে। ফলে উহার ঘনত্ব ও চাপ আনন্ত কমিয়া যাইবে। যদি উহার যথাক্রমে D_2 এবং P_2 হয়, তবে পূর্বের ত্রায লেখা যাইবে যে

$$V D_1 = (V+v) D_2$$

$$\text{or, } D_2 = \left(\frac{V}{V+v} \right) D_1 = \left(\frac{V}{V+v} \right)^2 \cdot D \quad (i) \text{ সমীকরণ হইতে }]$$

$$\text{এবং } P_1 V = P_2 (V+v)$$

$$\text{or, } P_2 = \left(\frac{V}{V+v} \right) P_1 = \left(\frac{V}{V+v} \right)^2 \cdot P \quad (ii) \text{ সমীকরণ হইতে } .$$

এভাবে পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির পর যে-বায়ু R-পাঞ্জ থাকিবে তাহা উহার ঘনত্ব এবং চাপ যথাক্রমে D_n এবং P_n হইলে—

$$D_n = \left(\frac{V}{V+v} \right)^n \cdot D$$

$$\text{এবং } P_n = \left(\frac{V}{V+v} \right)^n \cdot P$$

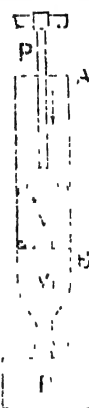
উপরোক্ত সমীকরণ দুইটি হইতে সহজে বোঝা যায় যে $\left(\frac{V}{V+v} \right)$ -এর মান কখনও শূন্য (zero) হইতে পারেনা—অর্থাৎ D_n বা P_n -এর মান কখনও শূন্য হইবে না। ইহার ও এই যে পিস্টনকে অসংখ্য বার উঠা-নামা করা হিলেও R-পাঞ্জ কখনও সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে না।]

5-17. বায়ু-সংকমন পাম্প (Air condensing or compression pump) :

এই পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থান বায়ুপূর্ণ করা যায়। সুতরাং এই পাম্পের উদ্দেশ্য এবং নিষ্কাশক পাম্পের উদ্দেশ্য ঠিক বিপরীত।

বিবরণ : এই পাম্পের গঠন ঠিক নিদাশক পাম্পেরই মত, শুধু ভাল্ভ দুইটি বিপরীত দিকে থোলে অর্থাৎ বায়ুকে receiver পাত্রে ষাইতে দেয় কিন্তু receiver পাত্র হইতে বাহির হইতে ষাইতে দেয় না।

কার্যপ্রণালী : 5C নং চিত্রে এই পাম্পের নকশা দেখানো হইল। যখন P পিস্টনটি B হইতে A অভিমুখে যায় তখন V_2 ভাল্ভ খুলিয়া যায়, কারণ, চোঙের বায়ুচাপ অপেক্ষা বায়ুমণ্ডলের চাপ অধিক। ফলে বাহির হইতে বায়ু পিস্টনের ডিফ্র দিয়া চোঙে প্রবেশ করে এবং AB চোঙ বায়ুপূর্ণ হয়। এর সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকে। এই বায়ু P পিস্টনের নীচের দিকে চালাইলে চোঙের বায়ু সংকমিত হয় এবং ইহা চাপ বৃদ্ধি পায়, ফলে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং V_1 ভাল্ভ খুলিয়া যায়। বায়ু পুনরায় R-পাত্রে প্রবেশ করে (5C নং চিত্র)। R-পাত্রে একটা বাল্ব নলের দ্বারা পাম্পের সহি ও মুক্ত করা হয়।



এইরূপ পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নিচ গতির R-পাত্রে দাঁবে দাঁবে বায়ুচাপ হইবে। যখন R-পাত্র চৌম্বকীয় বায়ুপূর্ণ হয় তখন একটি চাবির সাহায্যে উহা মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে পাম্প হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

সাইকেলের চাকায় হাওয়া ভর্তি করিবার পাম্প, দুটর পাম্প, মোটর পাম্প ইত্যাদি বায়ু-সংকমন পাম্পের দৃষ্টান্ত।

[সংকমনের মাত্রা নির্ণয় (Calculation of the degree of compression) :

এহলেও পিস্টনের '১' বার সম্পূর্ণ গতির ফলে R-পাত্রে যে বায়ু জমা হয় উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা সংকমনের মাত্রা নির্ণীত হয়। ইহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়। পূর্বের মত মনে কর,

A হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন = v

R পাত্রে এবং রবার বলের যুক্ত " = V

R পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব = D

" " " " " চাপ = P

'R'-পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব ও চাপ বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব ও চাপের সমান ধরা হইতে পারে, কারণ R-পাত্র সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডল দ্বারা অধিকৃত থাকে। এখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে গেলে বাহির হইতে বায়ু চোঙ অধিকার কবে। ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে v এবং D , সুতরাং ইহার ভর = $v.D$ । পিস্টনের নিরঙ্গতির ফলে এই বায়ু R-পাত্রে চুক্তিয়া পড়িবে এবং উহার আয়তন হইবে V ; R-পাত্রে প্রাথমিক বায়ুর ভর = $V.D$ । সুতরাং পিস্টনের একবার পূর্ণ গতির পর R-পাত্রে জমা বায়ুর ভর = $v.D + V.D$

সুতরাং পিস্টনের 'n' বার পূর্ণগতির পর R-পাত্রে যে বায়ু জমা হইবে উহা ব মোট ভর = $n v D + V.D$ । কিন্তু ইহার আয়তন V ; কাজেই এই অবস্থায় বায়ুর ঘনত্ব D_n পরিণত, লেখা হইতে পারে যে,

$$D_n.V = n v.D + V.D$$

$$= (nv + V) D$$

$$\therefore D_n = \left(\frac{nv + V}{V} \right) D$$

$$= \left(1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) D$$

যেহেতু চাপ ও ঘনত্ব সমানুপাতিক কাজেই R-পাত্রে বায়ুর চূড়ান্ত (final) চাপ P_n হইলে আমরা সদাসরি লিখিতে পারি

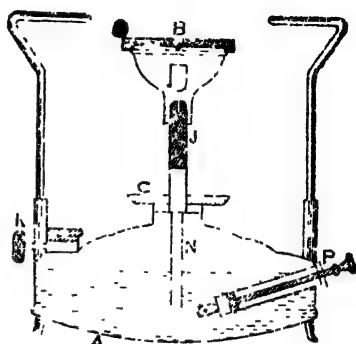
$$P_n = \left(1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) P$$

5-18. বায়ু সংনমন পাম্পের প্রয়োগ :

(i) প্রাইমাস স্টোভ : স্টোভ একটি নিত্য-ব্যবহৃত বস্তু। প্রায় প্রত্যেক বাড়িতেই স্টোভ ব্যবহৃত হয়। স্টোভের কাষপ্রদর্শনে বায়ুসংনমন পাম্পের প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

স্টোভে কেবোসিন তেলের বাষ্পকে জ্বালানো হয়। A একটি তৈলাধার (59 নং চিত্র)। এই আধারে পূরাপূরি তেল ভরতি করা হয় না—উপরে খানিকটা জায়গা খালি রাখা হয়। একটি বায়ু-সংনমন পাম্প P এই তৈলাধারের সহিত যুক্ত। K একটি বায়ুনিকটক চাবি। এই চাবি বন্ধ

করিয়া দিলে আধারের ভিতরকার বায়ু আবদ্ধ থাকে। এই অবস্থায় পাম্প চালাইলে বর্ধিত বায়ু-চাপের ফলে তেল N-নল বাহিয়া উপরে উঠে এবং একটি সরু মুখ নল J-র নিকট উপস্থিত হয়। এই নলের ভিতর একটি তারের জাল পাকানো (coiled) অবস্থায় রাখা থাকে। তেল এইখানে পৌঁছবার পূর্বে যদি তারের জালকে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে তেল উত্তপ্ত তারের জালের ভিতর দিয়া যাওয়ার সময় বাষ্পে পরিণত হয়। এইরূপ পাম্প চালানোর পূর্বে Cপাত্রে রাখা খানিকটা স্পিরিটে অগ্নিসংযোগ করিয়া তাৎক্ষণিক জ্বলকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত বাষ্প অতঃপর একটি বানার B-এ পৌঁছিয়া জ্বলিতে থাকে। স্টোভ নিভানোর হইলে K-চাবিটি খুলিয়া দিতে হয়। কঁহাতে তৈলাধারের ভিতরস্থ বায়ু চাপ কমিয়া যায় এবং N-নল বাহিয়া তেল আর উপরে উঠে না। স্টোভ আশে আশের নিভিয়া যায়।

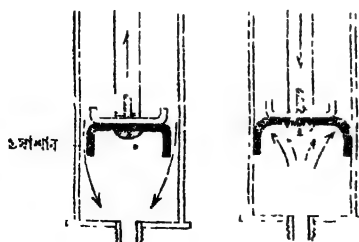


পাইপ-পাম্প

চিত্র 5নং

(ii) নাইসাইকেল পাম্প : সাইকেলের চাকায় বায়ু সঞ্চিত করিবার

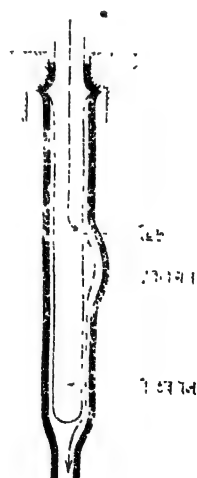
পাম্প বায়ু সংগ্রহন পাম্পের একটি উদাহরণ। এত পাম্পের পিস্টনের সাহিত বাটির মতন দেখিতে চামড়া একটি ‘প্রাশাব’ থাকে। ইহা পিস্টনের



(i)

(ii)

চিত্র 5খ



চিত্র

চিত্র 5নং

চিত্র 5নং

ভালভাবে কাজ করে। যখন পিস্টনের উন্নয়ন হয়

প্রাশাব এবং

পাম্পের দেওয়ালের ভিতরকার ফাঁক দিয়া বায়ু পাম্পের ভিতর প্রবেশ করে [চিত্র 5থ (i)]। যখন পিস্টনের নিম্নগতি হয় তখন ঐ বায়ু পিস্ট হয় এবং ওয়ালারকে পাম্পের দেওয়ালের গায়ে চাপিয়া ধরে [চিত্র 5থ (ii)]। ফলে, ফাঁক বন্ধ হইয়া যায় এবং বায়ু বাহিব হইতে না পারিয়া ক্রমাগত চাপ খাটতে থাকে। যখন বায়ু-চাপ খুব বৃদ্ধি পায় তখন ঐ বায়ু টিউবেব ভালুককে খুঁচিয়া ফেলে। ইহা একটি খুব সফল দাঁতব নল এবং ইহাব গায়ে একটি ছিদ্র আছে। একটি রাবার নিমিত নল দ্বারা ইহা আবৃত (চিত্র 5দ)। এই ব্যবস্থায় কলে বায়ু শুষ্ক একদিকেই ঝাটতে পাবে।

উদাহরণ :

একটি বাইসাইকেল পাম্প দ্বারা সাইকেলের টায়ারে তাড়াতাড়ি ভর্তি করিতে হইবে। টায়ারটির আয়তন 2 litres, যদি পাম্পটির প্রস্থচ্ছেদ 5 sq cm. হয় এবং পিস্টনের প্রতি স্ট্রোকের দৈর্ঘ্য 20 cm. হয় তবে 40 স্ট্রোকের পর টায়ারের অভ্যন্তরীণ বায়ুচাপ কত হইবে? টায়ারের প্রাথমিক বায়ুচাপ ছিল 75 cm. পারদের চাপ।

[Air is compressed into the tyre of a cycle of volume 2 litres by means of a bicycle pump. If the cross-section of the pump is 5 sq cm. and the length of each stroke of the piston is 20 cm, what is the pressure inside the tyre after 40 strokes of the pump? The original pressure in the tyre was equal to 75 cm. of mercury.]

$$\text{উ।} \quad \text{আমরা জানি, } P_n = \left(1 + n \frac{V}{V}\right) P$$

এক্ষেত্রে, P = প্রাথমিক বায়ুচাপ = 75 cm. পারদের চাপ

n = স্ট্রোক সংখ্যা = 40

v = পাম্পের আয়তন = 5×20 cc.

V = টায়ারের আয়তন = 2 litres = 2000 cc.

$$\text{বাছেই, } P_n = \left(1 + 40 \times \frac{5 \times 20}{2000}\right) \times 75 \text{ cm. of mercury}$$

$$= (1 + 2) \times 75 \text{ cm. of mercury}$$

$$= 225 \text{ cm. of mercury}$$

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলের চাপ :—পৃথিবীকে ঘিরিয়া যে বায়ুমণ্ডল আছে তাহা পৃথিবীর উপর যে চাপ প্রদান করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে। প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14.7 পাউণ্ড। ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ সুন্দরভাবে দেখানো যায়।

টরিসেলি ব পরীক্ষা :—এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপ করা যায়। একটি এক মর্টার লতা এবং এর মধ্য বন্ধ কাচের নল পানদ্রব্যপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপাত্রে উপুড় করিয়া নলেব খোলা মুখ পারদে ডুকাইয়া রাখিলে নলে যে পারদ স্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহা বায়ুমণ্ডলের চাপের দ্রুত। সমুদ্র-স্তরে শুষ্ক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা ৭৬ সেন্টিমিটার।

ব্যাটোমিটার :—বায়ুচাপমাপক যন্ত্রকে ব্যাটোমিটার বলে। Fortin's ব্যাটোমিটার দ্বারা সংশোধিত পরীক্ষাভাবে বায়ুচাপ মাপা হয়। টরিসেলির পরীক্ষায় যে দ্রব্য দাঁড়াইয়া থাকে তাহা তাড়াতাড়ি পরিবর্তন করিলে Fortin's ব্যাটোমিটার তৈয়ারী হয়। ব্যাটোমিটার পাঠ দ্বারা আবহাওয়ার পূর্বাভাস মোটামুটি জানা যায়। ব্যাটোমিটারে পানদ্রব্যের উচ্চতা দ্রুত কমিলে ঝড়ের সম্ভাবনা ও আস্তে আস্তে কমিলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। পানদ্রব্যের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িলে শুষ্ক আবহাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

বায়ুমণ্ডলের স্তর :—ত পম্প, এ হির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত বস্তুত্বপূর্ণভাবে পরিবর্তিত হয়।

বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র :—এই যন্ত্রগুলির নীতি এক : কোন একটি আবদ্ধ স্থানে বায়ুচাপ কমাইয়া বা বৃদ্ধির বায়ুমণ্ডলের চাপ দ্বারা সেই স্থানে তরঙ্গ চুকাইয়া দেওয়াই হইতেছে এই যন্ত্রগুলির মোটামুটি নীতি।

(1) পিচ্কারী, (2) সাধারণ বা শোষণ পাম্প, (3) উত্তোলক পাম্প (4) ফোস পাম্প, (5) সাইফন, (6) বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প, (7) বায়ু-সংযমন পাম্প—এইগুলিই বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র।

প্রশ্নাবলী

1. বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে—তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও। বায়ুমণ্ডলের চাপের সহিত তরলের চাপের কি-সাদৃশ্য আছে ?

[Prove by means of experiments that atmosphere exerts pressure. What analogy has the atmospheric pressure with liquid pressure ?]

২. টরিসেলির পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ কিরূপে মাপা যায় ?

[Describe Torricelli's experiment. How can the atmospheric pressure be measured by this experiment ?]

৪. টরিসেলির শূন্যস্থান কাকে বলে ? উহা কি সত্য সত্যই শূন্য ?

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটিবে তাহা ক্রমশঃ বর্ণনা কর :—(a) একটি 50 inches দীর্ঘ একমুখ বঙ্গ ক্যাস-নল পানদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পানদপূর্ণ পাত্রে ঝেঁলায়ুগ ঢুকাইয়া ঝড়া করিয়া রাখিলে, (b) নলটি আস্তে আস্তে কাত করিলে, (c) ঐ নলটি একদল একটা মোটা নল লইলে।

[What is Torricelli's vacuum ? Is it, strictly speaking, a vacuum ?

State giving reasons, what happens in the following cases :—(a) A glass tube 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury, (b) the tube is inclined to the vertical, (c) the tube is replaced by another tube with a wider bore.] [H. S. Exam 1961]

৪. 'বায়ুমণ্ডল প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 15 পাউণ্ড চাপ প্রদান করে'—এই বাক্যটি যথার্থে গা ব্যবহার্য্য করিয়া বুঝাইয়া দাও।

['Atmosphere exerts a pressure of about 15 lbs. per square inch'—explain the statement carefully.]

৫. ব্যারোমিটার কাকে বলে ? Fortin's ব্যারোমিটারের বর্ণনা ও ব্যবহার্য্যতা বুঝাইয়া দাও। জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা 82 ft. হইলে প্রসারিত ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে ? প্রসারিতের আপেক্ষিক ঘনত্ব = 1.25

[What is a barometer ? Describe a Fortin's barometer and explain its action. Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 82 ft. (Sp. gravity of glycerine = 1.25)]

[H. S. Exam. 1962, '64] [Ans. 26.6 ft]

৬. Aneroid ব্যারোমিটার বর্ণনা কর। উহাৰ সুবিধা কি ? উহাৰ দ্বারা উচ্চতা মাপা যায় কি ?

[Describe an Aneroid barometer. What is its advantage ? Can it be used to ascertain altitude ?]

৭. হেনরি ও টরিন বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 mm পারদস্তম্ভ সমান—ইহা বলিতে কি বুঝায় ? এই চাপের পরিমাণ সি. জি. এস. পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। ঐ স্থানে $g = 980$ সি. জি. এস. একক এবং পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms/cc.

[Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm of mercury. Calculate its value in the C. G. S. units at a place where $g = 980$ C. G. S. units, the density of mercury being 13.6 gms./c.c.] [H. S. Exam. 1961]

৪. ব্যাবোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস কিরূপে জানা যায়? পারদ ব্যাবোমিটার ও জল ব্যাবোমিটারের সুবিধা অসুবিধা উল্লেখ কর।

[How can weather-forecasting be done by a barometer? Mention the advantages and the disadvantages of a mercury barometer and a water barometer.]

৯. বয়েলের সূত্র কি? ইহার সত্যতা কিরূপে নিশ্চয় করা যায়? ব্যাবোমিটার না থাকিলে বয়েলের সূত্র পৰ্য্যবেক্ষণ দ্বারা ব্যাবোমিটার উচ্চতা নির্ণয় করা যায় কি?

[What is Boyle's law? How can the law be verified experimentally? If a barometer were not available, how could you determine the barometric height by means of a Boyle's law apparatus?] [H. S. (comp) 1960]

১০. এখন ব্যাবোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ৭৫ cm. তখন পরিমাণ বায়ু

কত হইবে?

[A quantity of air is found to occupy 250 cc. when the barometer stands at 75 cm. On the next day, the volume of the air changes to 200 c.c. What was the barometric height then?] [Ans. 72.11 cm]

১১. একটি মোটরগাড়ীর টায়ারে ১০০ cm. দৈর্ঘ্য ও ১০ cm. ব্যাসার্ধ। বায়ুমণ্ডলের চাপে কত আয়তনের বায়ুক এই টায়ারে প্রবেশ করাইলে টায়ারের বায়ুচাপ ১০ বায়ুমণ্ডলের সমান হইবে?

[The tyre of a motor-car is 100 cms in length and 10 cms. in diameter. What volume of air measured at atmospheric pressure must be pumped in to raise the pressure of the tyre to 10 atmospheres?] [Ans. 78500 c.c.]

১২. একটি মোটরগাড়ীর টায়ারে এখনকার বায়ু পাম্প করিতে হইবে যাকিতে চাপ ২৪ lbs per sq. inch; টায়ারের আয়তন ৭০০ cubic inches হইলে বায়ুমণ্ডলের চাপে (15 lb./sq. inch) কত আয়তনের বায়ুক টায়ারে পাম্প করিতে হইবে?

[Tyres of a motor car should be inflated until the pressure inside them is 24 lbs/sq. inch. If the capacity of the tyre is 700 cubic inches, what volume of air at atmospheric pressure, 15 lb./sq. inches, must be pumped into it?]

[Ans. 1120 cubic inches]

১৪. একটি ব্যাবোমিটারের উচ্চতা ৪০ inches এবং পারদস্তম্ভের উপরে টরিসেল্লী শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য ১ inch; বায়ুমণ্ডলের চাপে যে পরিমাণ বায়ু ব্যাবোমিটার নলের ১ inch অধিকার করে এই পরিমাণ বায়ু ব্যাবোমিটারে ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে?

[A barometer reads 80 inches and the space above the mercury is 1 inch. If a quantity of air which under atmospheric pressure occupies 1 inch of the tube is introduced, what will be the reading of the barometer?]

[Ans. 25 inches]

14. একটি ব্যারোমিটারের উচ্চতা 75 cm. এবং পান্ডুলেবের উপরে শূন্যস্থানের আয়তন 10 c.c., বায়ুমণ্ডলের চাপে 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারে ঢুকানো হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে? ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm.

[The height of a barometer is 75 cms. of mercury and the evacuated space over mercury surface has a volume of 10 c.c. ; 1 c.c. of air at atmospheric pressure is introduced into the evacuated space. What is the new reading of the barometer? Cross-section of the tube is 1 sq. cm.]

[Ans. 70 cms.]

15. একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত একমুখ খোলা কাঁচ-নলেন অর্ধেক পান্দ দ্বারা ভর্তি করা হইল। অভ্যন্তর নলেব খোলামুখ বন্ধ করিয়া উল্টানো হইল এবং পান্দপূর্ণ অপর একটি পাত্রে নলেব খোলামুখ ঢুকটিয়া ঝাড়া করিয়া বাধা হইল। নলে পান্দস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দেখা গেল 1 ফুট; ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 80 ইঞ্চি হইলে কাঁচ-নলেব দৈর্ঘ্য কত ছিল?

[A uniform glass tube, one end closed, is half-filled with mercury and the open end being closed by a thumb is inverted and the open end is dipped into mercury kept in a reservoir. When the tube is held vertically, the height of the mercury column in the tube was found to be 1 foot. If the barometer height at that time is 80 inches, what was the length of the glass tube?]

[Ans. 6 ft]

16. জলাশয়ের 4 ফুট গভীরে একটি বুদবুদব আয়তন উপস্থিত থাকাকালীন আয়তন কতগুণ অর্ধেক হইবে? ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের পান্দস্তম্ভের উচ্চতা 56 cm এবং পান্দের ঘনত্ব 13.6 gms./c.c.

[At what depth in a lake will a bubble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface? The height of the barometer at the time is 76 cm of mercury and density of mercury 13.6 gms/c.c.]

[Ans. 108.5 cms.]

17. সমুদ্রের h metres গভীরতায় উঠিত একটি বুদবুদব আয়তন দ্বিগুণ হইল। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 750 mm. এবং পান্দের ও সমুদ্রের ঘনত্ব যথাক্রমে 13.58 এবং 1.05 gms/c.c. হইলে h -এর মান নির্ণয় কর।

[The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the densities of mercury and sea-water are respectively 13.58 and 1.05 gms/c.c., calculate h .]

[H. S. Kamm, '61] (Ans. 9.7 metres)

18. একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28.5 inches এবং 29.5 inches তখন একটি ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 29.5 inches এবং 30.7 inches; যখন ত্রুটিযুক্ত ব্যারোমিটারের পাঠ 29.9 inches তখন বায়ুমণ্ডলের প্রকৃত চাপ কত?

[A faulty barometer reads 28.5 inches when a true barometer reads 29.5 inches and it reads 29.5 inches when the other barometer reads 30.7 inches. Determine the correct value of the atmospheric pressure when the faulty barometer reads 29.9 inches.]

[Ans. 31.2 inches]

19. একটি সরাসরুজ সন্ কাচনলে 80 cm. দীর্ঘ একটি পায়ন স্তর দ্বারা কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। যখন খোলা মুখ উপরের দিকে বাঁধিয়া নলটিকে ঝাড়া রাখা যায় তখন বায়ু স্তর দৈর্ঘ্য হয় 8 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে বায়ুস্তরের দৈর্ঘ্য হয় 7 cm. যখন নলটিকে অনুভূমিক রাখা হয় তখন উহা দৈর্ঘ্য কত হইবে?

[A column of air is enclosed in a narrow glass-tube of uniform bore by a thread of mercury 80 cm. long. The air column is 8 cm. long when the tube is held vertically with its open end uppermost. On inverting the tube, the air column measures 7 cm. Find the length of the air column when the tube is kept horizontal.]

[Ans. 4.2 cm.]

20. সমুদ্রতলের 226 ft. গভীরে একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 1.7 c.c. হইলে বুদবুদটি যখন ঠিক জলতলে ভাসিয়া উঠিল তখন উহা আয়তন কত হইবে। জল ব্যাবোমিটারের উচ্চতা 34 ft. এবং সমুদ্রতলের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1.08.

[The volume of an air bubble is 1.7 c.c. at a depth of 226 ft. under sea-water. Find the volume of the bubble when it rises to the surface. The height of the water barometer is 34 ft. and sp. gravity of sea-water is 1.08.]

[Ans. 18.89 c.c.]

21. শোষণ পাম্প সর্বন্য কণ। এই পাম্প দ্বারা 30 ফুটের উর্ধ্ব জল তোলা যায় না—ইহা কিসে ব্যাখ্যা করা যাইবে। 'প্রিমিং' কতক বলা? ইহা প্রয়োজন হয় কেন?

[Describe a suction pump. Explain the reason why this pump cannot draw water to a height more than 30 ft. What is priming? Why is it necessary?]

22. উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহা বিভিন্ন অংশে চিত্র আঁকিয়া দেখাও। এই পাম্প দ্বারা কত উচ্চ পর্যন্ত জল তোলা যায়?

[Explain the action of a lift pump. Draw a labelled diagram of the pump. Is there any limit to which water can be raised by a lift pump?]

23. ফোর্স পাম্পের কার্য কি? ইহা সঞ্চিত শক্তির পাম্পের তদ্ব্যপেক্ষে কিসে?

[What is the function of a force pump? What is its difference with a suction pump?]

24. সাইফন কি? ইহা কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। সাইফন-ক্রিয়া শর্ত কি?

[What is a siphon? Explain its action. What are the conditions of its working?]

[H. S. (Comp) 1960]

25. কেরোসিন তেলকে (স্প. গু: 0.8) সাইফন ক্রিয়ায় সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করা ইয়া আনিতে বাইবে। বাধার উচ্চতা সর্বোচ্চ কত বর্ণনা করা যাহাতে পাম্প সাহায্যে সাইফন ক্রিয়া সম্ভব হইবে? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 80 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon kerosene (sp. gr. 0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure = 80 inches of mercury.]

[H. S. Exam. (Comp) 1960] [Ans. 42.5 ft.]

26. বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প কাকে বলে? উহার বিবরণ ও কাৰ্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহার সীমাসত্ত্ব কি?

[What is an exhaust pump? Describe it and explain its action. What is its limitations?]
[H. S. (Comp.) 1961]

27. বায়ু-সংনমন পাম্পের কাৰ্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহাৰ ব্যৱহাৰের কয়েকটি উদাহরণ দাও।

[Explain the action of a compression pump. Mention some of its applications]

28. নিম্নবিত্ত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ :—

- টিউবওয়েল যুক্ত শোষণপাম্প অনেক সময় ঠিকমত কাজ করে না, কিহে কারণে? এতে পাম্পে চিত্রিত কিছু জল ঢালিয়া দিলে পুনরায় কাজ করতে হবে কেন?
- সংশ্লিষ্ট পাম্প কি শোষণপাম্পের সীমাসত্ত্ব সাধিত?
- যে পাম্প দ্বারা কি অবিদ্যুত জল উঠানো যায়?
- সাইক্লোন বায়ু-কোম বাতাসে একটি স্ফটিক পাত্রের ক্ষতি কি?
- বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পদ্বারা কি কোন অসদ্ব্যবহারে পাম্পের নিষ্কাশিত বায়ু যায়?

Answer the following questions :-

(a) It is found that a suction pump fitted in a tube-well does not very often work properly; but if some water is poured into the pump it begins to work properly. Why?

(b) Are the limitations of a suction pump applicable to a lift pump?

(c) Can a force pump force water continuously?

(d) What is the harm if there is a hole in any one of the arms of a siphon?

(e) Can an air exhaust-pump create a perfect vacuum in an enclosed space?

29. বাইসাইকেল পাম্প, বায়ু সংনমন পাম্প, কিসাবে বায়ুকে কাষ করে বুঝাইয়া দাও। এই পাম্পে চামড়ার তৈরী বাটের মতন দেখিত 'গুম্বাশেব' কাজ কি?

[Explain how a bicycle pump acts as a compression pump. What is the function of the cup-shaped leather washer?]

30. একটি বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পের বসিভাবের বীষতন চোড়ব (barrel) আয়তনের ৬ গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতিব দলে বসিভাবের বায়ু ঘনত্ব প্রাথমিক ঘনত্বের $\frac{1}{6}$ ভাগ হইবে?

[The volume of the receiver of an air-pump is six times that of the barrel. Find the number of strokes of the piston required to reduce the density of the air to $\frac{1}{6}$ of the original value.]

[Ans. 8]

৪১. একটি বায়ু সংকনন পাম্পের বিসিভাবেব আয়তন চৌত্তের আয়তন অপেক্ষা ২০ গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতিব ফলে বিসিভাবেব বায়ুর চাপ এক বায়ুমণ্ডল হইতে তিন বায়ুমণ্ডলে বর্ধিত হইবে ?

[The volume of the receiver of a condensing pump is 20 times that of the barrel. Find after how many strokes of the piston the pressure of air inside the receiver will be increased from one to three atmospheres] [Ans. 40]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

A. Alternate response type :

(i) Yes or No type :—

- (ক) পদার্থের ঘনত্ব তলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশী হইলে তা পানিতে ডুবে যাবে ? —
- (খ) কোন ক্ষেত্রগুলোর উপর ত্বলের চাপ ও ক্ষেত্রগুলোর ক্ষেত্রগুলোর সমান ? —

(গ) টিসেলিং পর্বত : নগরী কাত কবিলে পানদস্তুরের খাড়া উচ্চতা (vertical height) কি পরিবর্তন হইবে ? —

(ঘ) বায়ুত কোন দক্ষত্ব গুণন কবিলে উচ্চতা বস্তু প্রকৃত গুণনের অদমান হইবে ? —

(ঙ) সাধারণ ত্বলস্বল্পীক আমবা বস্তু প্রকৃত মাপ : —

(ii) True or False type :—

(ক) কোন ত্বলস্বল্পীক পানির ত্বলদেশে চাপ ত্বলদেশে গতিবতা ও ত্বলদেশের ক্ষেত্রগুলোর উপর নির্ভর করে ; মোট ত্বলের উপর নির্ভর করে না।

(খ) জনকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন ত্বলের চাইতে কোন দিক কতটা ভাঙা তাহা দ্বারা পদার্থের ঘনত্ব বুঝা যাবে। —

(গ) বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান কবিলে সক্ষম : ত্বলদেশে গতিবতা ও ত্বলদেশের ক্ষেত্রগুলোর উপর নির্ভর করে না। —

(ঘ) ব্যাবোমিটারেব উচ্চতা চাইতে কমিয়া গেলে ঝড়ের সম্ভাবনা থাকে। —

(ঙ) বায়ু-সংকনন পাম্প দ্বারা কোন অবস্থা হইলে বায়ু বাহিন কবিলে লওয়া চলে। —

B. Recall type :

(ক) এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী চৌত্তের একক —।

(খ) স্ট্রীং ত্বল দ্বারা বস্তু—মাপা যায়।

(গ) ত্বলে নিমজ্জিত বস্তু—আপাত হ্রাস হয়।

(ঘ) প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়—

(ঙ) ত্বলের উপরি ত্বল সর্বশেষ—হয়।

C. Completion type :

- (ক) কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে—(a) প্রয়োগ করিল সেই —(a)
 চাপ—(b) মাত্রার সর্বদিকে—(c) করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের—(b)
 উপর—(d) ক্রিয়া করে। —(c)
 (d)

- খ) কোন বস্তুকে তলে—(a) বা —(b) নিমজ্জিত করিলে বস্তু —(c) আপাত—
 (d) হয় এবং এই—(e) বস্তু যে-তরল স্থানচ্যুত হবে তাহাব—(f) সমান।
 —(a) —(b) —(c) —(d) —(e) —(f)

D. Multiple choice type :—

- (ক) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?
 উ। ফার্নিং, স্টিমিটার, গজ, মিটার।
 (খ) নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা কি মাপা হয় ?
 উ। পদার্থের ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, গুরুত্বের আপাত হ্রাস।
 (গ) বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার যন্ত্র কি ?
 উ। স্ট্রোমালি, ব্যারোমিটার, ব্যারোমিটার।
 (ঘ) খুব সূক্ষ্মভাবে বায়ু মাপিবার উদ্দেশ্যে যন্ত্র কোনটি ?
 উ। স্ট্রোমালি, স্ট্রোমিটার, স্ট্রোমিটার।
 (ঙ) বরফ জলে ভাসে কেন ?
 উ। ঘনত্ব কম বুলিয়া, বরফ ও জল একই পদার্থ বুলিয়া, জলের প্রবর্তা বেশী বুলিয়া।

তাপ-বিজ্ঞান

প্রথম পত্রিচ্ছেদ

তাপ ও থার্মোমিট্রি

(Heat and Thermometry)

১-১. তাপ (Heat) :

তাপ সম্বন্ধে আমাদের সকলেবই কিছু-না-কিছু ধারণা আছে। আগুন জ্বালাইলে তাপ পাই বা দিনেব বেলায় সূর্য উঠিলেই তাপ অনুভব করি, এসব কথা আমরা সকলে জানি। কোন কঠিন বস্তুর আকার ও আয়তনের মত তাপেব কোন আকার বা আয়তন না থাকায় কিংবা গন্ধ, বং প্রভৃতি দ্বারা তাপকে বুঝাবার উপায় না থাকায়, তাপকে কোন বস্তুর মাপায়ে বুঝিতে হয়। কোন বস্তু গরম হইয়া উঠিলেই আমরা ঐ বস্তুতে তাপেব অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতেছে এত যে, বস্তু তাপ গ্রহণ করিলে গরম হইবে এবং তাপ বর্জন করিলে ঠাণ্ডা হইবে। কাজেই তাপকে আমরা এমন এক জিনিস বলিয়া ধরিয়া লইতে পারি বাহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

১-২. তাপের স্বরূপ (Nature of heat) :

কোন বস্তুতে তাপেব উদ্ভব যদি আমরা ভালভাবে লক্ষ্য করি তবে দেখিব যে উদ্ভাব জগৎ কোন-না-কোন শক্তি বায়িত্ব হইয়াছে।

কয়লা পোড়াইলে তাপেব উদ্ভব হয়। এস্থলে কয়লাতে সঞ্চিত বাসায়নিক শক্তি তাপে পরিবর্তিত হয়।

তুইটি কঠিন বস্তুকে ঘর্ষণ করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, আমরা জানি। ঘর্ষণের ফলে কিছু যান্ত্রিক শক্তির (mechanical energy) ব্যয় হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই বস্তুতে তাপেব আকারে পরিবর্তিত হয়।

বৈদ্যুতিক বাতিতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চান্দাইলে বাতি আলো দেয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপও প্রদান করে। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তির বিনিময়ে তাপের সৃষ্টি হইতেছে।

সুতরাং তাপ সৃষ্টি করিতে হইলে শক্তির প্রয়োজন। এই কারণে তাপকে এক প্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা হয়।

এই তাপশক্তির স্বরূপ সম্বন্ধে এতপূর্বে দুইটি বিপরীত মতবাদ (theory) প্রচলিত হয়। একটিকে বলা হইত ক্যালোরিক মতবাদ (caloric theory) এবং অপরটিকে বলা হইত যান্ত্রিক মতবাদ (mechanical theory)। পরে

কৃত্রিম শরীকার ফলে দেখা গেল যে, দ্বিতীয় মতবারই তাপের স্বরূপ সঠিক নির্ণয় করিতে পারে। এই মতবাদের প্রবর্তক হইলেন কাউন্ট রামফোর্ড।

কাউন্ট রামফোর্ড কামানের নল তৈয়ারী করিবার জন্য একটি বড় ধাতুখণ্ড তুরপুন (drill) দিয়া ছেঁদা করাইতেছিলেন। ছেঁদা করিবার সময় যে ছোট ছোট ধাতুর টুকরা ছিটকাইয়া আসিতেছিল, তিনি দেখিলেন সেগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত। তিনি হিসাব কাঁয়া দেখিলেন যে, ছেঁদা করাইতে মোট যে তাপশক্তি উৎপন্ন হইতেছে তাহা 5 পাউণ্ড বরফ গলাইতে পারে। তিনি মনে মনে প্রশ্ন করিলেন যে, এই প্রচণ্ড তাপশক্তি সৃষ্টি কি করিয়া সম্ভব হইল?

তখন তিনি স্থির করিলেন যে, ধাতুখণ্ডের ভিতর তুরপুন চালাইতে যে যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে তাহাই তাপশক্তি সৃষ্টির কারণ। এই যান্ত্রিক শক্তি ধাতুখণ্ডের অণু-পবমাণুগুলির গতিশক্তি (kinetic energy) বৃদ্ধি করে এবং অণু-পবমাণুর এই বর্ধিত গতিশক্তিই পদার্থে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। (বিস্তারিত বিবরণের জন্য পদার্থ বিজ্ঞান—দ্বিতীয় ভাগ দ্রষ্টব্য।)

কাজেই তাপকে একপ্রকার ‘গতির রূপ’ (mode of motion) বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

1-3. তাপের ফল (Effects of heat) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে নানাবিধ ফল দেখিতে পাওয়া যায়। উক্তপু হইলে বস্তুব প্রায় সকল প্রাকৃতিক গুণাবলীই পরিবর্তন হয়—এবং কোন কোন ক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তনও দেখা যায়। তাপের নিম্নলিখিত কয়েকটি ফলাফল খুবই উল্লেখযোগ্য।

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে বস্তু গরম হইয়া পড়ে অর্থাৎ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ইহাও উদাহরণ আমাদের প্রায়ই চোখে পড়ে। একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া আগুনে ধবিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই জল বেশ উষ্ণ হইয়া পড়ে।

(2) অবস্থার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয়—অর্থাৎ, বস্তুর পদার্থ তরলে অথবা তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়।

বরফের একটি টুকরা লইয়া তাপ প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, টুকরাটি গলিয়া জলে পরিণত হইল। এই জলকে আঁবে বেশী উত্তপ্ত করিলে জল স্ফীমে পরিণত হয়।

(3) রাসায়নিক পরিবর্তন :

অনেক ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে কয়লার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করে।

(4) দহন ও প্রাণনাশ :

তাপের দাহিকা শক্তি আছে একথা আমরা সকলেই জানি। কয়লা, তৈল, জ্বালানী প্রভৃতি তাপ-প্রয়োগে জলে উঠা আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা। অতিবিক্ত তাপ-প্রয়োগে লতাপাতা, প্রাণী, এমন কি মানুষেরও প্রাণনাশ হয়।

(5) আলোকের উৎপত্তি :

অতিবিক্ত তাপপ্রয়োগে যখন বস্তু শ্বেত-তপ্ত (white hot) হয় তখন ঐ বস্তু হইতে আলোর স্রষ্টি হয়। তা'ছাড়া দৃষ্টি পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলেও আলোক উৎপন্ন হয়।

'1-4. তাপমাত্রা (Temperature) :

গরম ও ঠাণ্ডা বোধ আমাদের সকলেবই আছে। বরফে হাত দিলে আমাদের ঠাণ্ডা বোধ হয় কিম্বা উত্তপ্ত লোহা বা টুকরায় হাত দিলে গরম বোধ হয়। কোন বস্তু ঠাণ্ডা কি গরম এই অনুভূতিকে আমরা মোজা কথায় বস্তুত্ব তাপমাত্রা বলিতে পারি। যে বস্তুতে হাত দিলে গরম লাগে তাহার তাপমাত্রা বেশী বলা হয় আর যে বস্তু ঠাণ্ডা বলিয়া মনে করে তাহার তাপমাত্রা কম বলা হয়।

কিন্তু তাই বলিয়া তাপ বেশী হইলেই যে তাপমাত্রা বাড়িবে তাহার কোন অর্থ নাই। যেমন, একটি দেশলাইয়ের জ্বলন্ত কাঠি ও এক গামলা ফুটন্ত জলেব কথা ধরা যাউক। দেশলাই কাঠিব তাপমাত্রা গামলার ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা অপেক্ষা অনেক বেশী কিন্তু দেশলাই কাঠিব মোট তাপ গামলার জলের মোট তাপ অপেক্ষা অনেক কম।

তাপ-বিজ্ঞানে 'তাপমাত্রা' বথটি এতই প্রয়োজনীয় যে ইহার নিগূহিত আলোচনা প্রয়োজন।

একটি উত্তপ্ত লোহা বস্তুকে যদি এক বালতি ঠাণ্ডা জলে ছাড়িয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় যে লোহার বস্তুটি আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা হইতেছে এবং জল আন্তে আন্তে গরম হইতেছে। একরূপ কখনও দেখা যায় না যে উত্তপ্ত বস্তুটি

আমরা উত্তপ্ত হইতেছে এবং ঠাণ্ডা জল আরো ঠাণ্ডা হইতেছে। ইহার কারণ এই যে গোড়াতে উত্তপ্ত বলটির তাপমাত্রা ঠাণ্ডা জল অপেক্ষা বেশী হওয়ায়, উত্তপ্ত বল ঠাণ্ডা জলকে তাপ প্রদান করিয়াছে এবং জলের তাপমাত্রা কম থাকাতে জল সেই তাপ গ্রহণ করিয়াছে। কাজেই তাপমাত্রা কোন বস্তুর এমন এক তাপীয় (thermal) অবস্থা যাহা হইতে আমরা বুঝি যে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরনের তলের (level) সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে। খামবা ডানি যে উচ্চতল হইতে জল সর্বদা নিম্নতলে প্রবাহিত হয়। উন্টাটিকে কখনও প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ, তলদ্বারা আমবা বুঝিতে পারি যে জলপ্রবাহ কোন্ দিকে যাইবে। তাপমাত্রাও তেমনি বুঝায়। দেয় কোন্ বস্তু হইতে কোন্ বস্তুতে তাপের প্রবাহ হইবে।

যখন A বস্তু B বস্তুকে তাপ প্রদান করে তখন বলা হয় A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী এবং উন্টা প্রবাহ হইলে বলা হয় B বস্তুর তাপমাত্রা A বস্তু হইতে বেশী।

1-5. তাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য :

(1) তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপমাত্রা বস্তুর এক তাপীয় (thermal) অবস্থা।

(2) যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ করে, তখনই উহার তাপমাত্রা বাড়ে এবং যখন তাপ ছাড়িয়া দেয় তখনই উহার তাপমাত্রা কমে। অর্থাৎ, তাপকে কারণ (cause) বলা যায় এবং তাপমাত্রা হইল উহার ফল (effect)।

(3) কিছু পরিমাণ জলের সহিত ইহার তলের (level) যে তফাৎ তাপের সহিত তাপমাত্রারও সেই তফাৎ।

(4) দুই বস্তুর এক তাপমাত্রা হইলেই উহাদের যে সম-পরিমাণ তাপ থাকিবে তাহার কোন অর্থ নাই। আবার দুই বস্তুর সম-পরিমাণ তাপ থাকিলেই উহাদের তাপমাত্রা এক হইবে তাহাও কোন অর্থ নাই।

1-6. তাপমাত্রামাপক বস্তু বা থার্মোমিটার :

কোন বস্তু উত্তপ্ত কি ঠাণ্ডা তাহা আমরা স্পর্শ করিয়া বুঝিতে পারি। কিন্তু স্পর্শমুহূর্তে বিচার সর্বদা অশ্রান্ত বা সূক্ষ্ম হয় না। যেমন, শীতপ্রধান দেশের

লোক আমাদের দেশে আসিলে খুব বেশী গরম বোধ করিবে কিন্তু আবার এ-দেশে থাকিতে অভ্যস্ত বলিয়া তত গরম বোধ করি না। আবার আবার ঐ-দেশে গেলো খুব ঠাণ্ডা বোধ করিব।

এক বালতি গরম জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া ঠাণ্ডা জলে হাত ডুবাও। জল খুব বেশী ঠাণ্ডা লাগিবে। তেমনি ঠাণ্ডা জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া গরম জলে ডুবাইলে জল খুব গরম লাগিবে।

কাজেই অল্পজ্বরের বিচার নিতুল নয়। তাছাড়া তাপমাত্রার সূক্ষ্ম পরিমাপ স্পর্শ দ্বারা হইতে পারে না। এজন্য যন্ত্রের প্রয়োজন।

যে-যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর তাপমাত্রা মাপা যায় তাহাকে তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার বলে।

কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থেই নানাবিধ প্রাকৃতিক গুণাবলী অবলম্বন করিয়া নানা ধরনের থার্মোমিটার নির্মিত হইয়াছে যেমন :—

(1) তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে তরল পদার্থেই আয়তনের পরিবর্তন হয়। তন্মূলেই এই গুণটি প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সাধারণত যে সমস্ত থার্মোমিটার ব্যবহৃত হয় তাহা তৈয়ারী হইয়াছে। পারদ থার্মোমিটার, অ্যালকোহল থার্মোমিটার ইত্যাদি এই জাতীয় তাপমাত্রামাপক যন্ত্র।

(2) কোন গ্যাসের চাপ ঠিক রাখিলে উহাৰ আয়তন তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। আবার আয়তন ঠিক রাখিলে গ্যাসের চাপ তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। গ্যাসের এই ধর্মকে ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন ধরনের গ্যাস থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে।

(3) কোন তড়িৎ-পরিবাহীর (conductor) রোধ (resistance) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমিলে রোধও কমে। প্লাটিনাম নামক মোলের এই ধর্ম খুবই নিয়মাক্রম (regular) প্লাটিনামের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া প্লাটিনাম রেজিস্ট্যান্স থার্মোমিটার (Platinum resistance thermometer) নামে একপ্রকার থার্মোমিটারের সৃষ্টি হইয়াছে।

(4) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর তারের দুই প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া প্রাপ্ত দুইটিতে বিভিন্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করিলে তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল করে। ইহাকে থার্মোকোপল (thermo-couple) বলে। এই থার্মোকোপল দ্বারাও তাপমাত্রার পরিমাপ সম্ভব।

পারদ থার্মোমিটার (Mercury-in-glass thermometer) :-

থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহৃত হয় তাহাকে পারদ থার্মোমিটার বলে। এই ধরনের থার্মোমিটারের ব্যবহার খুব বেশী দেখা যায়। থার্মোমিটারে অত্যন্ত তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহারের কতগুলি সুবিধা আছে।
 স্বাঃ ১—

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তনে পানির আয়তনের পরিবর্তন খুব নিয়মিত (regular) এবং ইহা তাপমাত্রার অনেক দূর-পাল্লা (wide range) পর্যন্ত প্রসারিত।

(2) কোন বস্তুর তাপমাত্রা লাভ করিতে পারদ ঐ বস্তু হইতে অত্যন্ত তরলের তুলনায় খুব কম তাপ গ্রহণ করে। ফলে বস্তুর নিজের তাপমাত্রার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না অথচ থার্মোমিটার বস্তুর তাপমাত্রা দেখাইয়া দেয়।



(3) নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ভেদে পারদের আয়তন বৃদ্ধি অত্যন্ত তরল অপেক্ষা বেশী। সুতরাং পারদ-থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব সূক্ষ্মভাবে মাপা যায়।

(4) পারদ প্রায় 350° সেন্টিগ্রেডে বাষ্প হয় এবং -39° সেন্টিগ্রেডে জমিয়া যায়। সুতরাং এত বিস্তীর্ণ পরায় পারদ তরল থাকে এবং ইহাও ভিতর যে-কোন তাপমাত্রা মাপিতে পাওয়া যায়।

(5) পারদ সহজেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(6) বিশুদ্ধ পারদ কাচ ভিজায় না। সুতরাং কাচ নলের গায়ে পারদ আটকাইরা থাকিবে না।

(7) পারদ অদৃশ্য ও চক্কে বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া ইহাকে স্পষ্ট দেখা যায়।

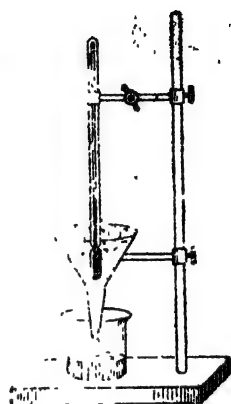
✓ পারদ থার্মোমিটারের বিবরণ :

পারদ থার্মোমিটার
 চিত্র 1ক

1ক নং চিত্রে পরীক্ষাগারে বহুল ব্যবহৃত একটি পারদ থার্মোমিটারের চিত্র দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি সর্বত্র সমান ব্যাসের সূক্ষ্ম রক্তবিশিষ্ট শক্ত কাচের নল। রক্তের একপ্রান্তে চোঙাকৃতি একটি কুণ্ড আছে এবং অপর প্রান্ত বন্ধ। কুণ্ড এবং রক্তের পানিকটা অংশ পারদপূর্ণ। কাচনলের গায়ে তাপমাত্রার স্কেল অঙ্কিত। যে বস্তুর

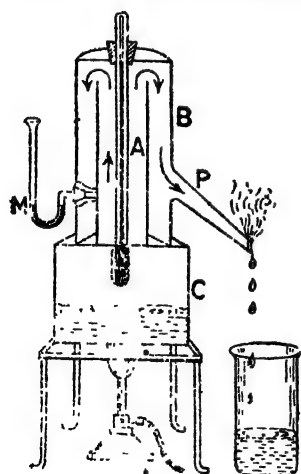
বায়ুগুলের স্বাভাবিক চাপে বিস্তৃত জল যে-তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে তাহাকে **উর্ধ্বস্থিরায়ক (upper fixed point)** বা **ফুটনাঙ্ক (boiling point or steam point)** বলে।

নিম্নস্থিরায়ক নির্ণয় করিতে গেলে 1g নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি ফানেলে পরিষ্কার বরফের গুঁড়া লইয়া থার্মোমিটারের কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ বরফে ডুবাইয়া দাও। বরফের সংস্পর্শে কুণ্ড যত ঠাণ্ডা হইবে পান দ্রবীভূত হইয়া তত নামিয়া আসিবে। পবে যখন কুণ্ড বরফের তাপমাত্রা পাইবে তখন পান দ্রবীভূত হইয়া দাঁড়াইবে। সেট জায়গার নলের গায়ে একটি দাগ কাটিয়া দাও। তাহাকেই নিম্নস্থিরায়ক বা তিমাক বলা হয়।



নিম্নস্থিরায়ক নির্ণয় ব্যবস্থা
চিত্র 1গ

উর্ধ্বস্থিরায়ক নির্ণয় করিতে হইলে 1ঘ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। এখানে বায়োমিটারকে হিপসোমিটার



উর্ধ্বস্থিরায়ক নির্ণয় ব্যবস্থা
চিত্র 1ঘ

চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ এক হইবে।

(Hypsometer) নামক যন্ত্রের ভিতরে চুকাইয়া দিতে হইবে। এই যন্ত্রে C একটি তাম্র পাত্র। এষ্ট পাত্রে জল রাখিয়া উহা ফুটিতে হয়। C পাত্রের উপর A এবং B দুইটি খাদ চোঙ। স্ট্রিম A চোঙের ভিতর দিয়া A এবং B র মাঝখানে আসে এবং P মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায় (তীর্থচিহ্ন প্রদর্শিত পথে)। A চোঙের স্ট্রিমের চাপের সহিত বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রভেদ বুঝিবার জন্য একটি ছুঁমুখ খোলা বাকানো কাচ নল (M) পানদপূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির সহিত লাগানো থাকে। এখানে ম্যানোমিটার বটল। ম্যানোমিটারের ত্ত্ব বাহ্যিক পারদের তল সমান হইলে স্ট্রিমের

থার্মোমিটারকে এমনভাবে হিপসোমিটারে ঢুকাইতে হইবে যেন কুণ্ড জল হইতে খানিকটা উঠতে থাকে। জল ফুটিতে আরম্ভ করিলে কুণ্ডের পারদ উক্ত স্টিমের সংস্পর্শে আসিয়া আয়তনে বাড়িবে এবং রক্ত বাহিয়া উপরে উঠিবে। যখন কুণ্ড স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারদ স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। তখন ঐ জায়গায় কাচনলের গায়ে দাগ কাট। ইহাকে উর্ধ্বস্থিরাক বা ফুটনাক বলা হইবে।

[দ্রষ্টব্য : ফুটন জলের তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর নির্ভর করে। বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (normal atmospheric pressure) ফুটন জলের যে তাপমাত্রা হয় উহাকেই উর্ধ্বস্থিরাক ধরা হয়। সুতরাং উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয়ের সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি ভিন্ন হয় তবে স্থিরাকের প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

মনে কর, যখন উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় করা হইল তখন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 74.6 cm, বায়ুমণ্ডলের চাপ ও ফুটনাকের তাপমাত্রা হইতে ঐ চাপে জলের ফুটনাক হইবে 99.5 centigrade. ধরা যাউক, প্রাপ্ত উর্ধ্বস্থিরাক ও উর্ধ্বস্থিরাকের সমাপত্তী দূরত্ব হইল 18 cm, এক্ষেত্রে সংশোধিত দূরত্ব নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে।

$$\frac{x}{18} = \frac{100}{99.5} \text{ cm, } x = \frac{100 \times 18}{99.5} = 18.9 \text{ cm.}$$

কাজেই প্রকৃত উর্ধ্বস্থিরাক নিম্নস্থিরাক হইতে 18.9 cm দূরে হইবে—18 cm নয়।]

X থার্মোমিটার স্কেল :

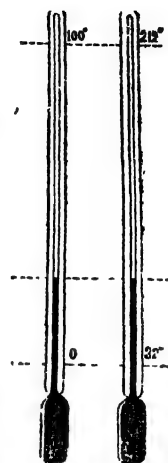
স্থিরাক দুইটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে বলা হয় প্রাথমিক অন্তর Fundamental interval (F. I.) : এই ব্যবধানকে বিভিন্ন উপায়ে ভাগ করিয়া বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল তৈয়ারী হয়। তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য আনন্দের দেশে দুই রকমের থার্মোমিটার স্কেল চালু আছে।

(ক) সেন্টিগ্রেড স্কেল, (খ) ফারেনহাইট স্কেল।

(ক) সেন্টিগ্রেড স্কেল : এই স্কেল অষ্টমাব্দী নিম্নস্থিরাক 0° ডিগ্রী এবং উর্ধ্বস্থিরাক 100° ডিগ্রী দ্বারা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে 100 সমান ভাগে

ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগ এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার ব্যবধান বুঝায়।

(খ) ফারেনহাইট স্কেল : এই স্কেল অল্পমাত্রী নিম্নস্থিরাক 32° ডিগ্রী এবং উর্ধ্ব স্থিরাককে 212° ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে সমান 180° ভাগে ভাগ করা হয়, সুতরাং এই স্কেল অল্পমাত্রী 0° নিম্নস্থিরাকের 32 ঘর নীচে। ইহাব প্রত্যেক ভাগ এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রার ব্যবধান বুঝায়।



সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট স্কেল
চিত্র 16

16 নং চিত্রে দুই স্কেলের ছবি দেখানো হইল।

এই পদক্ষেপে প্রশ্ন করা যাউতে পারে যে থার্মোমিটার নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলে ক্ষতি কি? প্রস্থচ্ছেদ অসমান হইলে

অংশে নলটি কোথাও সঙ্ক বা মোটা হইলে একই তাপমাত্রাভেদে পারদ নলের স্তর সমানভাবে

ভায়ে অগ্রগত হইবে না। মোটা জায়গায় নল অগ্রসর হইবে এবং সঙ্ক জায়গায় নল অগ্রসর হইবে। নলটির অংশাকন (graduation) সর্বত্র সমান হইলে এই ধরনের থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে মাপা যাইবে না। তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে মাপিতে হইলে প্রস্থচ্ছেদ অল্পমাত্রী ডিগ্রী ভাগ কাটিতে হইবে। মোটা জায়গায় ডিগ্রী বৈধ্য কম করিতে হইবে এবং সঙ্ক জায়গায় বেশী করিতে হইবে। কিন্তু এই ধরনের অংশাকন ব্যবস্থার এবং শ্রমসাধ্য। তাই সমান প্রস্থচ্ছেদের নল নওয়া হয় কারণ সেক্ষেত্রে অংশাকন খুব সহজে করা যায়।

দুই স্কেলের সম্বন্ধ :

উপরের স্কেল দুইটি হইতে বোঝা যায় যে একই তাপমাত্রার ব্যবধান সেন্টিগ্রেডে 100 ভাগ এবং ফারেনহাইটে 180 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। এই দুই স্কেলের ভিতর যে পারস্পরিক সম্বন্ধ আছে তাহা নিম্নলিখিত উপায় নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাউক কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে C এবং ফারেনহাইট স্কেলে F হউক।

এখন সেন্টিগ্রেড স্কেলে 1° অথবা 1 ডাগ = হিমাঙ্ক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{1}{180}$ ভাগ !

সুতরাং C সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = এই তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{C}{100}$ ভাগ

এখন ফারেনহাইট স্কেলে পানির F ডাগ পর্যন্ত পৌঁছানো অর্থ হিমাঙ্ক হইতে (F - 32) ঘর যাওয়া।

1 ফারেনহাইট ডিগ্রী = হিমাঙ্ক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার $\frac{1}{180}$ ভাগ

সুতরাং F - 32 ,, ,, = ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{F - 32}{180}$ ভাগ

যেহেতু তাপমাত্রা একই, অতএব,

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\text{অতএব, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

তাহা হা, আমরা জানি,

180 ফারেনহাইট ডিগ্রী = 100 সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী

$$\therefore 1 \text{ ,, ,, } = \frac{5}{9} \text{ ,, ,, }$$

অথবা, 1 সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = $\frac{9}{5}$ ফারেনহাইট ডিগ্রী।

উদাহরণ :

(1) কোন এক দিনের তাপমাত্রা 94° ডিগ্রী ফারেনহাইট। সেন্টিগ্রেডে এই তাপমাত্রা কত ?

[The temperature on a certain day is 94° Fahrenheit. What will be corresponding temperature on centigrade scale ?]

$$\text{উ। আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

এখানে F = 94°

$$\text{সুতরাং } \frac{C}{5} = \frac{94 - 32}{9} = \frac{62}{9}$$

$$\text{অথবা } C = \frac{62 \times 5}{9} = \frac{310}{9} = 34.4$$

(2) কোন একটি বস্তুর তাপমাত্রা 25°C বৃদ্ধি পাইল। ফারেনহাইট ডিগ্রীতে ঐ বৃদ্ধি কত হইবে?

[The temperature of a body rises by 25°C . How much is this increase in degrees Fahrenheit?] [H.S. Exam. 1964]

উ। আমরা জানি 100°C তাপমাত্রার ব্যবধান = 180°F তাপমাত্রার ব্যবধান

$$\therefore 1^{\circ}\text{C} \quad \text{,,} \quad \text{,,} = \frac{180^{\circ}}{100} \text{F} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

$$= \frac{9^{\circ}}{5} \text{F} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

$$\therefore 25^{\circ}\text{C} \quad \text{,,} \quad \text{,,} = \frac{9 \times 25}{5} = 45^{\circ}\text{F} \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

সুতরাং ফারেনহাইট ডিগ্রীতে উপরোক্ত বর্ধক হইবে 45° .

(3) কোন অজাত স্কেলের থার্মোমিটার জিম্বার - 20° দেখাইবে এবং স্টেমার 80° দেখাইবে। 50 ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে?

[An unspecified thermometer reads - 20° at the ice-point and 80° at the steam-point. Calculate what this thermometer will read corresponding to 50°C ?]

উ। বরা হাউস থার্মোমিটার t° দেখাইবে। আমরা জানি

$$\frac{C}{100} = \frac{t - (-20)}{80 - (-20)}$$

$$\text{এখানে } C = 50^{\circ}\text{C, কাজেই, } \frac{50}{100} = \frac{t + 20}{100}$$

$$\text{অথবা } t = 30^{\circ}$$

(4) একটি থার্মোমিটারের প্রাথমিক 80টি সমান ঘবে এবং আর একটির প্রাথমিক বস্তু 120টি সমান ঘবে বিভক্ত। প্রথমটির নিম্নস্থিৎবাক 0-তে এবং দ্বিতীয়টির 60 ঘবে অঙ্কিত। কোন তাপমাত্রা যাকোনো থার্মোমিটারের পাত 100° হইলে প্রথম থার্মোমিটারের পাত কত হইবে?

A thermometer has its fundamental interval divided into 80 equal parts and another into 120. If the lower fixed point of the first is marked 0 and of the second 60, what is the temperature shown by the first when it is 100° by the second ?]

উ। ধর, প্রথম থার্মোমিটার যে তাপমাত্রা প্রদর্শন করিতেছে তাহা t_1
 এবং দ্বিতীয় " " " " " " t_2
 অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{t_1 - 0}{80} = \frac{t_2 - 60}{120}$$

এস্থলে $t_2 = 100^\circ$, কাজেই, $\frac{t_1 - 0}{80} = \frac{100 - 60}{120} = \frac{40}{120}$

$$\text{or, } t_1 = \frac{40 \times 80}{120} = 26.6^\circ \text{ (প্রায়)}$$

সুতরাং প্রথম থার্মোমিটার 26.6° তাপমাত্রা প্রদর্শন করিবে।

(5) কোন থার্মোমিটারে নিম্নস্থিরাক্ষ ও উর্দ্বস্থিরাক্ষ বথাক্রমে 20 এবং 140 দাগ কটা আছে। 92°F তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে?

[If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92°F ?]

(H. S. Exam. 1962)

উ। উপস্থিতিবাদ ও নিম্ন স্থিরাক্ষের মধ্য মোট ভাগ = $140 - 20 = 120$
 দর, ঐ থার্মোমিটার যে পাঠ দিবে তাহা x

$$\text{অতএব, } \frac{x - 20}{120} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } F = 92^\circ, \text{ কাজেই, } \frac{x - 20}{120} = \frac{92 - 32}{180} = \frac{60}{180}$$

$$\text{or, } x = 60^\circ$$

(6) একটি সমবহ রক্তের থার্মোমিটারের সহিত একটি সেন্টিমিটার স্কেল যুক্ত আছে। বরফে থার্মোমিটার পাঠ হইল 7.3 cm , স্টিমে 23.8 cm এবং একটি হিমমিশ্রণে পাঠ হইল 3.5 cm । ঐ হিমমিশ্রণের তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে কত হইবে নির্ণয় কর।

[A thermometer with a uniform bore is attached to a centimetre scale. It reads 7.3 cm in ice, 23.8 cm in steam and 3.5 cm in a freezing mixture. Calculate the temperature of the freezing mixture in $^\circ\text{C}$.]

উ। সেন্টিগ্রেড স্কেলে বরফের তাপমাত্রা 0° এবং স্টিমের তাপমাত্রা 100°

অতএব, 100°C এবং 0°C দাগের মধ্যে দূরত্ব $= 23.8 - 7.3$
 $= 16.5 \text{ cm.}$

অর্থাৎ, 16.5 cm. দূরত্বের মধ্যে সেন্টিগ্রেড স্কেলের 100° ডিগ্রী আছে

$$\therefore 1 \text{ " " " " " " } \frac{100}{16.5} \text{ " " "}$$

এখন, বরফের দাগ এবং হিমমিশ্রণের দাগের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= 7.3 - 3.8$
 $= 3.8 \text{ cm.}$

এ 3.8 cm. দূরত্বে 0°C এর নিম্নে যে-কয়টি ডিগ্রী আছে তাহার সংখ্যা

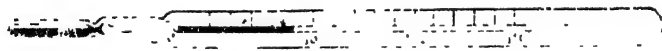
$$= \frac{100 \times 3.8}{16.5} = 23.03$$

অতএব, হিমমিশ্রণের তাপমাত্রা 0°C হইতে 23.03 ডিগ্রী কম অর্থাৎ এই তাপমাত্রা হইল -23.03°C.

1-8. 'অন্যান্য থার্মোমিটার :

(A) ডাক্তারী বা ক্লিনিকাল থার্মোমিটার (Clinical thermometer) :

দাক্তাবগণ শরীরের তাপমাত্রা মাপিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন। ইহা একটি বিশেষ ধরনের গবিষ্ট থার্মোমিটার (maximum thermometer) এবং কার্বেনহাইট স্কেলে দাগ কাটা। এই থার্মোমিটার



ডাক্তারী থার্মোমিটার

চিত্র 15

95° ডিগ্রী হইতে 110° ডিগ্রী ফারেনহাইট পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে, কারণ মানুষের দেহের তাপমাত্রা ইহার ভিতরে ৯৫-১১০ নামা করে। 98.4° ডিগ্রীতে দাগকাছি একটি দাগ দেওয়া থাকে। ইহা স্বাভাবিক (normal) মানব দেহের তাপমাত্রা বুঝায়। থার্মোমিটার কণ্ডটি বোন ক্লব লোহের এগলে চাপিয়া ধরিলে পাবদ 98.4° ডিগ্রী পর্যন্ত পৌছাইবে।

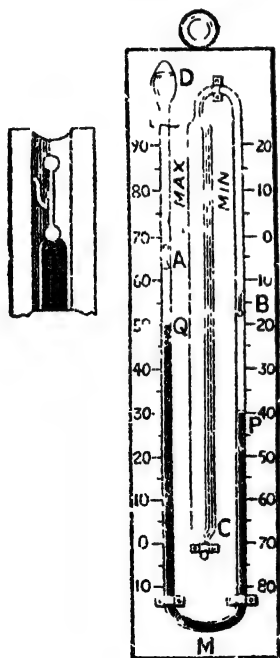
থার্মোমিটারে কণ্ডটির কাছে বন্ধ খব সংকুচিত এবং একটি বাক্স (চিত্রে C অংশ)। ইহার ফলে মানুষের দেহের তাপমাত্রা অন্তর্গত পাবদ সংকুচিত স্থান দিয়া অন্যরাসে আয়তনে বাড়িয়া অগ্রসর হইবে কিন্তু দেহের বাহিবে থার্মোমিটার আনিলে পারদ এই স্থান দিয়া কুণ্ডে ফিবিয়া আসিতে পারে না।

উহা দেহের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্দেশ করে এবং উহা পড়িবাক (reading) সুবিধা হয়। পুনরায় থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে পারদ কুণ্ডে ফিরাইয়া আনিতে হইবে এবং তাহার জন্ত থার্মোমিটারে ঝাঁকুনি দিতে হয়। 15 নং চিত্রে একটি এই ধরনের থার্মোমিটার দেখানো হইয়াছে।

এই থার্মোমিটার কখনও ফুটন্ত জলে ডুবানো উচিত নয়। কারণ ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা 110°F -এর অনেক বেশী। স্তম্ভ বা ফুটন্ত জলে ডুবাইলে পারদ এত বেশী প্রসারিত হইবার চেষ্টা করিবে যে থার্মোমিটার ফাটিয়া যাইবে।

থার্মোমিটার লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে উহা গায়ে '½ minute' বা ঐ ধরনের কোন সময়ের উল্লেখ আছে। ইহা অর্থ এই যে এ থার্মোমিটারটিকে বসানো ½ minute বাধিলে উহা দেহের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা প্রদর্শন করবে।

২৮ সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার। Six's maximum and minimum thermometer :



২৮ নং লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার

চিত্র 15

ইহা একটি স্মারকোপক থার্মোমিটার এবং ফাটনহীন স্কেল অত্যধিক দাগ কাটা। এই থার্মোমিটার পাঠকদের 'আবহ-বিনয়' বা 'বিনয়' করেন। কারণ, ইহা দ্বারা দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

15 নং চিত্রে এই থার্মোমিটার দেখানো হইল। সমবায়মূলক স্কেল বক্রো কাচনল এবং ইহা অনেকটা (১)-অক্ষর মতো বরাবর এবং একটি দাঁঠের ফ্রেমে পাড়াভাবে স্থাপন করা হয়।

কাচনলের PMQ অংশ পারদপূর্ণ। A ও R দুইটি উষ্ণতার ডাঙেল আকৃতির সূচক স্প্রিং দ্বারা কাচনলের দেয়ালে আটকানো। (ছবিতে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।) সূচকটি ঠেলা খাইলে নল বাইরা অগ্রসর হয় কিন্তু ঠেলা না খাইলে স্প্রিং দ্বারা নলের গায়ে আটকাইয়া থাকে। C একটি লম্বা কুণ্ড। এই কুণ্ডটি

ও তৎসংলগ্ন কাচনলের P পর্যন্ত অ্যালকোহল পূর্ণ। বাদিকের কাচনলের D একটি কুণ্ড। এই কুণ্ডটির কিছু অংশ এবং সংলগ্ন কাচনলের Q পর্যন্ত অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ। অর্থাৎ, PMQ পারদস্তম্ভ দুই বাতর অ্যালকোহলকে পৃথক করিয়া রাখে। D-কুণ্ডের বাকী অংশ অ্যালকোহল বাষ্প দ্বারা পূর্ণ এবং প্রয়োজন হইলে নলের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া এই স্থান অধিকার করিতে পারে। QD অংশে অ্যালকোহল বাষ্পবাব ফলে P ও Q পারদস্তম্ভে চাপ সমান হইবে। কাচনল দুইটির গা বাহিরে দুইটি স্কেল ফায়েনহাইটের দাগ কাটা থাকে। একটি স্কেল উচ্চ হইতে নিম্নে (অর্থাৎ, গাৰিষ্ঠ স্কেল) এবং অপবটি নিম্ন হইতে উচ্চে (অর্থাৎ, লঘিষ্ঠ স্কেল) দাগ কাটা থাকে।

সবপ্রথম একটি চুম্বক দ্বারা বাহির হইতে A ও B স্ফটিককে টানিয়া Q এবং P পারদপ্রাস্তদ্বয়ের মিতিক স্কেল হইতে হইবে। এখন যদি তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইলে, তবে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া P পারদ প্রাস্তকে নীচেব লোক স্কেল দিবে। সঙ্গে সঙ্গে বাকী কাচনলে (১) পারদপ্রাস্ত উপরেব লোক উঠিবে, এবং (২) তাহা সর্পি হ A স্ফটিকে ও উপরেব দিকে চলিবে। এক্ষণে তাপমাত্রা বাড়িলে, অর্থাৎ A স্ফটিক উপরেব দিকে উঠিবে এবং তাহা পব স্কেলখালের গায়ে আটকিবে। অর্থাৎ, গাৰিষ্ঠ স্কেল হইবে। A স্ফটিকের অন্তরান পারদ নলের দ্বারা গাৰিষ্ঠ পারদ প্রাস্ত হইবে।

আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে কামবে এবং সঙ্গে সঙ্গে P পারদ-প্রাস্ত উপরেব দিকে উঠিবে। তাহা সর্পি হ B স্ফটিকের নল বাহিরে উপরেব দিকে অগ্রসর হইবে এবং যখন তাহা তাপমাত্রা বাকিবে না তখন স্ফটিক স্কেলখালের গায়ে আটকিবে। অর্থাৎ, লঘিষ্ঠ স্কেল হইতে B স্ফটিকের অবস্থান পাঠ করিলে লঘিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

1-9. অ্যালকোহল থার্মোমিটার (Alcohol thermometer) :

তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য থার্মোমিটারেণ্ড তাপমাত্রা সর্বপ্রথম অ্যালকোহল ব্যবহৃত হইয়াছিল। বিংশ শতাব্দীর শেষ কয়েকটি শতাব্দীর জন্য অ্যালকোহল থার্মোমিটারের ব্যবহার এখনও প্রচলন নাই।

পারদ ও অ্যালকোহলের স্রবীয়া-অস্রবীয়া :

(1) পারদ -39°C তাপমাত্রায় জমিয়া যায় এবং 357°C তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে। কাজেই এই বিস্তীর্ণ পাল্লাব মধ্যে পারদ ব্যবহার করা যাইবে। কিন্তু অ্যালকোহলের হিমাক -130°C এবং ফুটনাক 78°C হওয়ায়, অ্যালকোহলের বেলাতে এই পাল্লা সংকীর্ণ। কিন্তু অ্যালকোহলের হিমাক পারদ অপেক্ষা অনেক কম হওয়ায় নিম্ন তাপমাত্রা পরিমাপে অ্যালকোহল স্রবীয়াজনক।

(2) বিভিন্ন তাপমাত্রায় পারদের প্রসারণ নিয়মিত কিন্তু অ্যালকোহলের প্রসারণ অনিয়মিত। এই কারণে পাবদ থার্মোমিটারের অংশাকন খুব সহজ এবং অ্যালকোহল থার্মোমিটারেব অংশাকন কঠিন ও বায়বহল।

(3) পারদ অস্ফুট ও চক্চকে হওয়ায় কাচের ভিতর দিয়া পারদ সহজে দেখা যায়, কিন্তু অ্যালকোহল স্ফুট বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া দেখিবাব ভুল উত্থাকে বং করিয়া লইতে হয়।

(4) পাবদেব আপেক্ষিক তাপ (0.033) অ্যালকোহলের আপেক্ষিক তাপ (0.6) অপেক্ষা কম, কিন্তু পাবদেব আপেক্ষিক গুরুত্ব (13.6), অ্যালকোহলেব আপেক্ষিক গুরুত্ব (0.8) অপেক্ষা অনেক বেশী। ফলে, সমগ্রাযতন পারদ ও অ্যালকোহলেব ভিত্তেব তাপগ্রাহিতার তুলনা কবিলে দেখা যাইবে যে পারদেব তাপগ্রাহিতা অ্যালকোহল অপেক্ষা বেশী। ইহাতে যে-যন্ত্রে তাপমাত্রা মাপিতে হইবে তাহা হইতে পাবদ থার্মোমিটার অ্যালকোহল থার্মোমিটার অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ করিবে। থার্মোমিটারেব নীতির দিক হইতে পারদের পক্ষে ইহা একটি অস্রবীয়া।

(5) পারদ তাপেব স্রবীয়াহী কিন্তু অ্যালকোহল তাপেব স্রপরিবাহী নথ। ফলে, পাবদ থার্মোমিটারে পরীক্ষাধীন বস্তুর তাপমাত্রা যত দ্রুত লাভ করিবে অ্যালকোহল থার্মোমিটার তাহা পারিবে না।

(6) পারদ কাচ ভিজায় না। এই কারণে কাচের রক্ত বাহিয়া পারদ ঝাঁকি দিয়া দিয়া উঠিবে—মশণ ভাবে উঠিবে না। কিন্তু অ্যালকোহল কাচ ভিজায়, কাজেই অ্যালকোহলের অগ্রসরে মশণ তা থাকিবে। ইহাতে একটি অস্রবীয়া আছে। তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে যখন অ্যালকোহল নানিয়া আসে তখন রক্তেব গায়ে পাতলা অ্যালকোহলেব প্রলেপ লাগিয়া থাকে। ইহাতে তাপমাত্রা পাঠে ক্রটি আসে।

(7) পারদের প্রসারণগুণক 0.00018 কিন্তু অ্যালকোহলের 0.00104 ;
কলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পারদ অপেক্ষা অ্যালকোহলের প্রসারণ অনেক বেশী
হইবে। অর্থাৎ অ্যালকোহল থার্মোমিটার পারদ থার্মোমিটার অপেক্ষা
বেশী স্বেদনী।

সারাংশ

তাপ : তাপ একপ্রকার শক্তি। ইহা বস্তুতে বস্তু পরম হইয়া উঠে এবং বস্তু
ঠাণ্ডা হইয়া যায়। তাপশক্তিকে বুঝতে হইলে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝতে হয়।
কোন বস্তুর অণু পরমাণুর গতিশক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে দেখা দেয়। সুতরাং
তাপকে 'গতিব একপ্রকার রূপ' বলিয়া বলা যাইতে পারে।

তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বস্তুর এমন এক ভাণ্ডার অংশ। যাহা হইতে আমরা
জানিতে পারি যে ঐ বস্তু অথ বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অল্প বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ
করিবে। বেশী তাপমাত্রার বস্তু কম তাপমাত্রার বস্তুকে তাপ প্রদান করে এবং কম
তাপমাত্রার বস্তু বেশী তাপমাত্রার বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে ত্বলেব ত্বলেব সঠিত 'চলন' করা যাইতে পারে। কিছু
পরিমাণ জলের সঠিত উঠাব ত্বলেব স্কেলফাংশন, তাপের সঠিত তাপমাত্রার সঠিত
ফাংশন। তাহা হইবে তাপ কারণ-তাপমাত্রা স্কেল ফাংশন।

থার্মোমিটার : তাপমাত্রাপ্রাপক যন্ত্রকে থার্মোমিটার বলে। পদার্থের বিভিন্ন
বস্তুকে গুলনিত্ব করিয়া বিভিন্ন প্রকারের থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে। ইহা
হইতে পারদ থার্মোমিটারের প্রচলনই বেশী। কারণে তাৎক্ষণিক অংশের অংশ
থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করা সুবিধাজনক। একটি সর্বজনীন বাস্তব
পারদপূর্ণ করিয়া এই থার্মোমিটার তৈরী করা হয়। ইহা হইতেই স্কেল
আছে।

থার্মোমিটার স্কেল : পারদ থার্মোমিটারের দুই স্থিতিস্থাপক মধ্যবর্তী স্থান ভাগ
করিবার বিভিন্ন প্রণালীর উপর বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল স্থাপিত হইয়াছে। প্রধান
দুইটি স্কেল হইতেছে (1) সেন্টিগ্রেড এবং (2) ফারেনহাইট।

সেন্টিগ্রেডে নিম্নস্থিরাত্র 0° এবং উচ্চস্থিরাত্র 100°। কিন্তু ফারেনহাইটে নিম্ন-
স্থিরাত্র 32° এবং উচ্চস্থিরাত্র 212°।

দুই স্কেলের সম্পর্ক : কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে যদি C হয় এবং ফারেনহাইটে
F হয় তবে,

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার : ইহা পারদপূর্ণ কারেনহাইট থার্মোমিটার । ডাক্তারগণ মাথার ঘেহের তাপমাত্রা দেখিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন । এই থার্মোমিটারে 95° হইতে 110° পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে ।

গবিত ও লঘিত থার্মোমিটার : ইহা আলকোহলপূর্ণ কারেনহাইট থার্মোমিটার । ঘিনের সশেষ ও সবদিক তাপমাত্রা এই থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যায় । আবহাওয়া অফিসে এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয় ।

প্রশ্নাবলী

১. তাপ ও তাপমাত্রা ভেদ কি ?

[What is the difference between 'heat' and 'temperature' ?]

২. থার্মোমিটার কতকগুলি বলে ? পারদ থার্মোমিটার নিমাণেব প্রণালী বর্ণনা কর । থার্মোমিটারে বদ্ধ সমান ব্যাসযুক্ত নাইল কতকগুলি কাজ কি ? থার্মোমিটারে বদ্ধেব শব্দেব শ্রেণী কতকগুলি কাজ কি ?

[What is a thermometer ? Describe the construction of a mercury thermometer. Is it necessary that tube of the thermometer should be of uniform bore throughout ? What is the function* of the small bulb at the upper end of the capillary of a thermometer ?] [cf. H. S. Exam., 1960]

৩. দুইটি থার্মোমিটারে একটির বড় আকারেব বড় বাল্ব আরেকটির বড় খুব সর । উভয়েব স্থাণ-অস্থি স্থাণ-অস্থি বর্ণনা কর ।

[There are two thermometers of which one has the larger bulb and the other finer bore. Explain the advantage and disadvantage in each case.]

৪. থার্মোমিটারে স্থাণ-অস্থি বর্ণনা কর । এই স্থাণ-অস্থি বর্ণনা কর । 'স্থাণ-অস্থি' বর্ণনা কর ।

[What are the fixed points of a thermometer ? Describe, in detail, the method for ascertaining the fixed points. What do you mean by 'fundamental interval' ?] [cf. H. S. Exam., 1962.]

৫. থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহারেব স্থাণ-অস্থি বর্ণনা কর । পারদ ছাড়া অন্য কিসেব ব্যবহার করা যায় ?

[What are the advantages of using mercury in a thermometer ? What other liquid can be used ?]

৬. কতকগুলি থার্মোমিটার বৈধ আছে ? উভয়েব পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কর ।

[How many thermometric scales are generally in use ? Ascertain relations between them.]

৭. দার্জিলিং-এ কোন এক শীতের দিনে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 80° ফারেনহাইট। সেটি সেন্টিগ্রেডে তাপমাত্রা কত হইবে?

[On a certain winter day in Darjeeling the minimum temperature was found to be 80° Fahrenheit. What was it in Centigrade scale?] [Ans. -11.1°]

১০. কোন তাপমাত্রা ফারেনহাইট ও সেন্টিগ্রেড স্কেলে সমান হইবে?

[Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales]

[Ans. -40°] [H S Exam., 1960]

৯. এ পর্যন্ত যা সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া গিয়াছে তাহা -270° সেন্টিগ্রেড। ফারেনহাইট স্কেলে তাহা কত?

[The minimum temperature so far attainable is -270° Centigrade. What is it on Fahrenheit scale?] [Ans. -454°]

১০. কোন থার্মোমিটারে ফ্রিটমার্ক 160° এবং ব্রিমাঙ্ক 15° দৃশ্য পাটা আছে। এই থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 78° হইলে সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট কত হইবে?

[The boiling point and freezing point of a thermometer are 160° and 15° respectively. What would be the temperature on Centigrade and Fahrenheit scales when it shows a temperature of 78° ?] [Ans. 40°C , 104°F]

১১. একটি থার্মোমিটারে ব্রিমাঙ্ক 20° এবং ফ্রিটমার্ক 150° দৃশ্য পাটা আছে। সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 45° হইলে এই থার্মোমিটারে কত হইবে?

[The freezing point on a thermometer is marked 20° and the boiling point 150° . What reading would this thermometer give for a temperature of 45°C ?] [Ans. 78.5°]

১২. একটি ঘরে দুইটি থার্মোমিটার টানবো আছে। একটিতে 15° এবং অপরটিতে 59° পাঠ পাওয়া যাউতেছে। এই পার্থক্যের কারণ বিশদভাবে বর্ণনা কর।

একটি ফারেনহাইট থার্মোমিটারে যখন 110° তাপমাত্রা পাঠ দিতেছে তখন একটি জটিল সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে পাঠ হইতেছে 44° । এই থার্মোমিটারে ক্রটি কতখানি?

[Two thermometers are hung up in a room. One registers a temperature of 15° and the other 59° . Explain fully the meaning of this difference.

A Fahrenheit thermometer registers 110° while a faulty Centigrade thermometer registers 44° . What is the error in the latter?] [Ans. -0.67°C]

১৩. থার্মোমিটারের স্থিতিস্থাপক বিন্দুপে নির্ণয় করা হয় ব্যাখ্যা কর। বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম তাহা থার্মোমিটারের সংশোধন দিক-প নির্ণয় করা যায়?

একটি জটিল সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে নির্দিষ্টতাপ ও উষ্ণতাপক যথাক্রমে $+0.5$ এবং 100.8 দৃশ্য পাটা আছে। এই থার্মোমিটারে যখন 20 পাঠ দিতেছে তখন ব্রিটান সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে কত পাঠ হইবে?

[Explain how the fixed points of a thermometer are determined. How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal?]

The readings of a faulty Centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively $+0.5$ and 100.8 . Find the correct temperature on the Centigrade scale when the faulty thermometer reads 20 .]

[H S (comp) 1960] [Ans. 19.4°C (প্রার)]

14. একটি সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে হিমাক 1.5°C এবং 747 mm. পারদেব চাপে ফুটন্ত জলের স্টিমে 98.5°C দেখাইতেছে। যখন ঐ থার্মোমিটারে 20°C পাঠ পাওয়া যাইতেছে তখন ফারেনহাইট স্কেলে নিম্নলি তপমাত্রা কত? 784 mm পারদেব চাপে জল 98°C তাপমাত্রায় ফোটে।

[A Centigrade thermometer reads 1.5°C in melting ice and 98.5°C in steam from water boiling at 747 mm. pressure. What is the correct temperature in Fahrenheit scale when this thermometer reads 20°C ? Boiling point of water at 784 mm. pressure is 99°C .] [Ans. 66.1°]

15. কোন তাপমাত্রাতে ফারেনহাইটে ডিগ্রী পাঠ সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী পাঠের 5 গুণ হইবে?

[Find out the temperature when the degrees of the Fahrenheit thermometer will be 5 times as the corresponding degrees of the Centigrade thermometer?] [H S. (Comp) 1963] [Ans. 10°C or 50°F]

16. একই তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট থার্মোমিটারে পাঠ কখনো 56° ও 96° পড়িয়া গেল। উভয় থার্মোমিটারে ঐ তাপমাত্রা কত?

[The same temperature when read on a Centigrade and Fahrenheit thermometer gives a difference of 56° . What is the number of degrees indicated by each thermometer?] [Ans. 80°C or 86°F]

17. একটি কঠিন পদার্থ থার্মোমিটার বাক্যে বাঁধলে 5°C এবং স্বাভাবিক বায়ুচাপ শুষ্ক স্টিমে বাঁধলে 99°C পাঠ দেয়। ঐ থার্মোমিটারে যখন 52°C পাঠ পাওয়া যায় তখন সঠিক পদার্থ কত?

[A faulty thermometer reads 5°C on melting ice and 99°C in dry steam at normal atmospheric pressure. Find the correct temperature when the thermometer reads 52°C .] [Ans. 50°C .]

18. একটি থার্মোমিটারে (A) প্রাথমিক অন্তর (F. I.) 45 সমান ভাগে এবং অপর একটি (B) 100 সমান ভাগে বিভক্ত। A-র নিম্নস্থ বিন্দু -2° এবং B-এর 50° ; কোন তাপমাত্রা B-থার্মোমিটারে 110° হইলে A-থার্মোমিটারে কত হইবে?

[A thermometer (A) has not its F. I. divided into 45 equal parts and another (B) into 100. If the lower fixed point of A is marked -2° and that of B 50° , what is the temperature by A when it is 110° by B?] [Ans. 25°]

19. ক্লিনিকাল থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর। ইহাকে সর্বাধিক থার্মোমিটার হিসাবে গণ্য করিবার কারণ কি?

Describe a clinical thermometer and mention its uses. Why can it be considered as a maximum thermometer?

20. একটি স্থানীয় সন্ধ্যা দ্বারা সিলের গঠিত ও লবিত থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe with a neat diagram, Six's maximum and minimum thermometer and explain its action.]

21. দিনের সর্বোচ্চ ও বাত্রির সর্বনিম্ন তাপমাত্রা মাপিবার একটি উপযুক্ত যন্ত্রের ছবি আঁক এবং বিভিন্ন অংশের নাম লেখ। যন্ত্রটির বিন্যাস ও পঠনপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day-temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.] [H. S. Exam. 1961]

22. সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট তাপমাত্রাযুক্ত নিম্নলিখিত চকটি পূরণ কর :—

সেন্টিগ্রেড	-50°		10°		45°	75°
ফারেনহাইট	-18°	28°		59°		208°

[Fill up the gaps in the following table which is drawn up according to Centigrade and Fahrenheit scales :—

Centigrade	-50°		10°		45°	75°
Fahrenheit	-18°	28°		59°		208°

23. থার্মোমিটারের তিনটি ভিন্ন ভিন্ন পানদ ও আলকাতরার সুবিধা ও অসুবিধা উল্লেখ কর।

[Mention the advantages and disadvantages of mercury and alcohol as thermometric liquids.]

[Objective type questions]

নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে যেটি অসত্য তাহা ডানদিকের শূন্যস্থানে C এবং যেগুলি

সত্য তাহা বাম দিকের W লেখ :—

(i) তাপকে একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে কারণ তাপকে আলোক প্রভৃতি অন্যান্য শক্তিতে পরিণত করা যায়। —

(ii) পানদ থার্মোমিটারের নুণ্ড বৃহৎ এবং কাচনালব বদ্ধ খুব সঙ্গ হইলে ই থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা যায়। —

(iii) কোন বস্তুতে তাপমাত্রার তন্তুই না থাকিলে তাপেরও আন্তর থাকিতে পারে না ; কেন না তাপমাত্রা হইল কারণ এবং তাপ হইল উহা বস্তু। —

(iv) দুইটি বস্তুর তাপমাত্রা এক হইলে উহাদের তাপের পরিমাণও এক হইবে ; আবার তাপের পরিমাণ এক হইলে তাপমাত্রাও এক হইবে। —

(v) উষ্ণ বা নিম্ন দ্বিবিধ নির্ণয়ে বায়ুমণ্ডলের চাপের কোন ভিন্ন বা পরিবর্তন প্রয়োজন হয় না। —

(vi) এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী এক ফারেনহাইট ডিগ্রী ঠিক। —

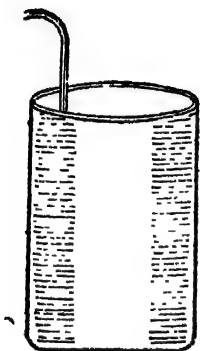
(vii) পানদ থার্মোমিটারের নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলেও তাপমাত্রা নির্ধারণে কোন অসুবিধা হয় না। —

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

ক্যালরিমিট্রি (Calorimetry)

2-1. ক্যালরিমিট্রি (Calorimetry) :

তাপ একটি প্রাকৃতিক (physical) রাশি। সুতরাং ইহার পরিমাপ সম্ভব। যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রার পরিবর্তন করে তখন যে-পদ্ধতিতে বস্তুর সেই তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিট্রি বলে।



ক্যালরিমিটার ও
আলোড়ক
চিত্র ২ক

যে-পাত্রের দ্বারা তাপের পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিটার বলে। ক্যালরিমিটার আর কিছুই নয়—তামার একটি চোঙাকৃতি পাত্র (২ক নং চিত্র)। ইহার সহিত তামার তৈয়াবী একটি আলোড়ক (stirrer) থাকে। ক্যালরিমিটারেব ভিতরকার তরল পদার্থ নাড়িবার জন্য এই আলোড়কের প্রয়োজন।

2-2. তাপ পরিমাপের একক (Units of measurement of heat) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন রাশির পরিমাপ করিতে গেলে উহাকে যথোপযুক্ত এককে প্রকাশ করিতে হয়। সুতরাং, তাপ পরিমাপের উপযুক্ত একক প্রয়োজন।

তাপ পরিমাপের যে-সমস্ত বিভিন্ন একক আছে তাহা নিম্নে বলা হইল।

ক্যালরি (Calorie) : এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। সি. জি. এস পদ্ধতিতে তাপের একক ক্যালরি।

ব্রিটিশ থার্মাল একক (British thermal unit) : এক পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ব্রিটিশ থার্মাল একক বলে। ইহা এক. পি. এস. পদ্ধতিতে তাপের একক এবং ইংলণ্ডে এই একক সমধিক প্রচলিত।

থার্ম (Therm) : ইহা ইংলণ্ডে প্রচলিত বাণিজ্য নীকাস্ত (commercial) তাপের একক। ইংলণ্ডে রন্ধন ইত্যাদি কাজের জন্ত যে-গ্যাস সরবরাহ করা হয় তাহার মূল্য থার্ম এককের ভিত্তিতে ধার্য করা হয়।

1 থার্ম = 100,000 ব্রিটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং 100,000 পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলা যাইতে পারে।

পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক অথবা সেন্টিগ্রেড তাপ একক (Centigrade heat unit—C. H. U.) :

এই এককটি এক. পি. এস. এবং সি. জি. এস. পদ্ধতির মিশ্রণে গঠিত এক মিশ্র একক। এন্জিনিয়ারীং এবং কাবিরগণী বিভাগে তাপের এই এককটি সমধিক প্রচলিত।

এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকেই পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক বলা হয়। লক্ষ্য কর যে জলের ভর প্রকাশ করা হইয়াছে এক. পি. এস. পদ্ধতিতে এবং তাপমাত্রা প্রকাশ করা হইয়াছে সি. জি. এস. পদ্ধতিতে। এই কারণে এই একককে মিশ্র একক বলা হয়।

গড় ক্যালরি ও 15°C ক্যালরি (Mean calorie and 15°C calorie) :

ক্যালরির সংজ্ঞা বলার সময় বলা হইয়াছে^১ যে এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হই তাহাকে ক্যালরি বলে। এই 'এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড' কোথা হইতে কোন্ পর্যন্ত— 0°C হইতে 1°C কিংবা 20°C হইতে 21°C কিংবা অল্প কিছু—তাহা বলা হয় নাই। প্রকৃতপক্ষে এক গ্রাম জলকে 0°C হইতে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন 20°C হইতে 21°C উষ্ণ করিতে ঠিক সেই তাপের প্রয়োজন হয় না। অর্থাৎ, তাপমাত্রা স্কেলেব বিভিন্ন অংশের 1°C ব্যবহার করিলে ফলাফল সর্বদা ঠিক এক হয় না। এই অন্বিধা দূর করিবার জন্ত গড় ক্যালরি উদ্ভাবন করা হইয়াছে। ইহার সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

এক গ্রাম জলকে 0°C হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে 100 ক্যালরি ভাগ করিলে যে-তাপ পাওয়া যাইবে উহাকে গড় ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে এক গ্রাম জলকে 14.5°C হইতে 15.5°C উত্তপ্ত করিতে যে-তাপ লাগে তাহা উপরে উক্ত গড় ক্যালরির প্রায় সমান। এই কারণে এই বিশেষ তাপকে একটি একক বলিয়া গণ্য করা হয় এবং উহাকে 15°C ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

2-3. (i) ক্যালরি ও ব্রিটিশ থার্মাল এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ব্রিটিশ থার্মাল একক} &= 1 \text{ lb জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\
 &= 453.6 \text{ gms জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\
 &\quad [\because 1 \text{ lb} = 453.6 \text{ gms}] \\
 &= 453.6 \text{ gms জলের } \frac{5}{9}^{\circ}\text{C উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\
 &\quad [\because 1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}] \\
 &= 453.6 \times \frac{5}{9} \text{ calories.} \\
 &= 252 \text{ calories.}
 \end{aligned}$$

সুতরাং 1 ব্রিটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

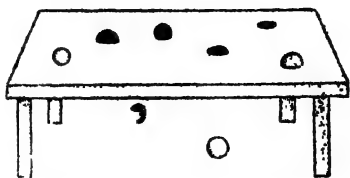
(ii) ক্যালরি ও পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned}
 1 \text{ পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড একক} &= 1 \text{ lb} \times 1^{\circ}\text{C} \\
 &= 453.6 \times 1^{\circ}\text{C} \\
 &= 453.6 \text{ calories.}
 \end{aligned}$$

2-4. আপেক্ষিক তাপ (Specific heat) :

আমরা যদি সমপরিমাণ বিভিন্ন দ্রব্য লই—যথা, সীসা, লোহা, তামা ইত্যাদি এবং উহাদের সমপরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য তাপ প্রদান করি তবে দেখিব যে বিভিন্ন দ্রব্যে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন দ্রব্যের তাপ গ্রহণ করিবার ক্ষমতা শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই ব্যাপারটি সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

পরীক্ষা: (1) নীসা, তামা, লোহা ইত্যাদি বিভিন্ন পদার্থের সমান ভরের (mass) কতকগুলি বল লও। তাপ প্রদান করিয়া উহাদের সমান তাপমাত্রা বৃদ্ধি কর। এবার একসঙ্গে তাড়াতাড়ি বলগুলিকে একটি মোমের প্লেটের উপরে রাখ। দেখিবে যে বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইবে। কোনটি সম্পূর্ণ গলাইয়া গড়িয়া যাইবে, কোনটি বা অর্ধেক গলাইবে ইত্যাদি (2খ নং চিত্র)।



বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইতেছে
চিত্র 2খ

এই উহাতে বোঝা যায় যে যদিও বলগুলির ভর সমান এবং একই তাপমাত্রার হ্রাস হইল (কারণ প্রত্যেকটিই এক প্রাথমিক তাপমাত্রা হইতে মোম গলনের তাপমাত্রায় পৌছিল) তবুও তাহারা বিভিন্ন পরিমাণ তাপ ছাড়িয়া দিল। সুতরাং তাপ বর্জন শুধু ভর বা তাপমাত্রা পরিবর্তনের উপর নির্ভব করিল না।

(2) দুইটি একই ধরনের বেটলী লইয়া উহাতে সমপরিমাণ জল ও দুধ ঢাল। বেটলী দুইটিকে একই উনানের উপর পাশাপাশি রাখ। কিছুক্ষণ পরে উহাদের চিত্তর দুইটি থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া তাপমাত্রা দেখিলে দেখিতে পাইবে যে জল অপেক্ষা দুধের তাপমাত্রা বেশী। থার্মোমিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখিলে দেখা যাইবে যে দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি মন্দা জল অপেক্ষা বেশী হইতেছে। অর্থাৎ, বলা যাইতে পারে যে পরিমাণে সমান হইলেও এবং একই তাপ দাঁটলেও দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি ভিন্ন হইতেছে। কাজেই তাপমাত্রাবৃদ্ধি শুধু ভর বা তাপের উপর নির্ভব করিল না।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে বিভিন্ন দ্রব্য কর্তৃক তাপ গ্রহণ বা বর্জন শুধু দ্রব্যগুলির ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। আবার বিভিন্ন দ্রব্যের তাপমাত্রা বৃদ্ধিও শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিবে না। তবে আর একটি বিশেষ দর্শনের উপর উহার নির্ভব করিবে। দ্রব্যের এই বিশেষ ধর্ম হইল আপেক্ষিক তাপ।

উপরোক্ত প্রথম পরীক্ষায় ধাতব বলগুলি বিভিন্ন তাপ বর্জন করে কারণ বিভিন্ন ধাতব আপেক্ষিক তাপ এক নহে এবং দ্বিতীয় পরীক্ষায় দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি আলাদা হইল, কারণ দুধ ও জলের আপেক্ষিক তাপ আলাদা।

তাহার লম্বা দুয়ার। যেমন, তাহার আপেক্ষিক তাপ 09; ইহার ফল
এই যে 1 পাউন্ড তাহাকে 1° ডিগ্রী ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে 09 ব্রিটিশ থার্মাল
একক তাপ প্রয়োজন।

উপরোক্ত কারণে কেহ কেহ আপেক্ষিক তাপের জ্ঞান একক ব্যবহার করেন।
 এক. পি. এস. পদ্ধতিতে তাঁহারা প্রতি পাউণ্ডে, প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে
 ব্রিটিশ থার্মাল একক (B. Th. U. per pound per Degree Fahrenheit)
 এবং সি. জি. এস. পদ্ধতিতে প্রতি গ্রামে, প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে ক্যালরি
 (Calorie per gramme per degree Centigrade)—এই একক
 ব্যবহার করেন।

২-৪৬ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাসের জন্য গৃহীত বা বর্জিত তাপের পরিমাণ (Amount of heat either absorbed or given out by a body for a rise or fall of temperature) :

যদি কোন পদার্থের আপেক্ষিক ভাপ s হয়, তবে আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

1 gm বস্তু 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে s calorie.

স্থতবাং m gm , " " " " " " " " m^c " "
 " " " " " t^c " " " " " mst "

অতএব 'm' gm বস্তু (আপেক্ষিক তাপ 's') $^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যদি 'H' caloric তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তবে উপরোক্ত হিসাব মত,

$$H = mst \text{ calorie}$$

অর্থাৎ, গৃহীত বা বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাস।

যদি তাপ গ্রহণের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং গ্রহণের পর তাপ-মাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া t_2 দাঁড়ায়, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t_2 - t_1$ এবং সেক্ষেত্রে

$$H = m.s. (t_2 - t_1) \text{ caloric}$$

তেমনি, যদি তাপ বর্জনের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং বর্জনের পর তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া t_2 হয়, তবে তাপমাত্রার হ্রাস $= t_1 - t_2$ এবং সেক্ষেত্রে,

$$H = m.s. (t_1 - t_2) \text{ calorie}$$

উদাহরণ :

- (1) একটি তামার বস্তুর ওজন 180 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ 0.09. বস্তুটির তাপমাত্রা 25°C হইতে 95°C বৃদ্ধির জন্য কত তাপ লাগিবে ?

[A substance made of copper weighs 180 gms. Sp. heat of copper is 0.09. How much heat is required to raise the temperature of the substance from 25°C to 95°C ?]

উ। এক্ষেত্রে, $m = 180 \text{ gms}$, $s = 0.09$, $t_1 = 25^\circ\text{C}$; $t_2 = 95^\circ\text{C}$.

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং } H &= m.s. (t_2 - t_1) \\ &= 180 \times 0.09 (95 - 25) \\ &= 180 \times 0.09 \times 70 \\ &= 18 \times 9 \times 7 \\ &= 1134 \text{ calorie.}\end{aligned}$$

- (2) 2.5 lbs আলকোহলের তাপমাত্রা 68°F হইতে উহার ফুটনাঙ্ক 173°F পর্যন্ত বৃদ্ধির জন্য কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? [আলকোহলের আপেক্ষিক তাপ = 0.6]

[How much heat is required to raise temperature of 2.5 lbs. of alcohol from 68°F to its boiling points 173°F ? Sp. heat of alcohol = 0.6]

উ। এখানে $m = 2.5 \text{ lbs}$, $s = 0.6$, $t_1 = 68^\circ\text{F}$, $t_2 = 173^\circ\text{F}$.

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং } H &= m.s. (t_2 - t_1) \\ &= 2.5 \times 0.6 (173 - 68) \\ &= 2.5 \times 0.6 \times 105 \\ &= 157.5 \text{ B. Th. U.}\end{aligned}$$

- (3) 1 therm গ্যাসের খরচ 1s. 3d. হইলে 50 gallons জলকে 40°F হইতে 200°F পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে কত খরচ হইবে ? 1 গ্যালন জলের ওজন 10 lbs.

[If a therm of a gas costs 1s. 3d. find the cost of heating 50 gallons of water from 40°F to 200°F. 1 gallon of water weighs 10 lbs.]

উ। 1 gallon জলের ওজন 10 lbs.

∴ 50 „ „ „ 50 × 10 = 500 lbs.

এখন, প্রয়োজনীয় তাপ = জলের ভর × তাপমাত্রার বৃদ্ধি

$$= 500 \times (200 - 40)$$

$$= 500 \times 160 \text{ B. Th. U.}$$

$$= \frac{500 \times 160}{100,000} \text{ therm}$$

$$= 0.8 \text{ therm.}$$

$$\therefore \text{খরচ} = 1s. 3d \times 0.8 = 12d.$$

[দ্রষ্টব্য : উদাহরণগুলি বিভিন্ন রাশি একক লক্ষ্য কর।]

১২-৭. বস্তুর তাপগ্রাহিতা (Thermal capacity of a body) :

কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন উহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন, তাহাই সে-বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয় m gms এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা (C) উক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী দাঁড়ায়,

$$C = m \times s \times 1 \text{ calorie}$$

$$= ms \text{ calorie}$$

এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° Fahrenheit তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন, তাহাই ঐ বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয় m lbs এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা

$$C = m \times s \times 1 \text{ B. Th. U.}$$

$$= ms \text{ B. Th. U.}$$

বাজেই,

বস্তুর তাপগ্রাহিতা = বস্তুর ভর × ইহার আপেক্ষিক তাপ।

তাপগ্রাহিতা হইতে আমরা আপেক্ষিক তাপের একটি বিকল্প সংজ্ঞা দিব করিতে পারি। বস্তুর তাপগ্রাহিতাকে ঐ বস্তুর ভর দিয়া ভাগ করিলে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ পাওয়া যায় বলিয়া আপেক্ষিক তাপকে ভর প্রতি বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলা যাইতে পারে।

2-8. বস্তুর জল-সম (Water-equivalent of a body) :

কোন বস্তুর 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ লাগে তাহা যে-পরিমাণ জলকে 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিবে সি. জি. এস. পদ্ধতিতে সেই পরিমাণ জলকে ঐ বস্তুর জল-সম বলে।

যেমন একটি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms বলিতে ইহাই বুঝায় যে 10 gms জলকে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহা ক্যালরিমিটারকে 1°C উষ্ণ করিবে। অর্থাৎ, 10 gms জল-সম-সম্পন্ন ক্যালরিমিটারের ভিতর যদি 100 gms জল লওয়া হয় তবে তাপ গ্রহণ বা বর্জনের বাপারে আমরা মনে করিতে পারি যে ক্যালরিমিটার নাট—তৎপরিবর্তে 110 gms জল আছে।

ধর, কোন বস্তু ভব m gms ও বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ s , তাহা হইলে,

বস্তুর 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = $m \times s \times 1 \text{ calorie}$.
এখন আমরা জানি 1 calorie তাপ 1 gm জলকে 1°C উষ্ণ করে।

সুতরাং $m \times s$,, ,, $m \times s$,, ,, ,,

অর্থাৎ, বস্তুর জল-সম $W = m \times s \text{ gms}$.

তেমনি, এক. পি. এস. পদ্ধতিতে বস্তুর জল-সম $W = m \times s \text{ lbs}$

2-9. তাপগ্রাহিতা ও জল সমের পার্থক্য :

(1) তাপগ্রাহিতা ও জল-সম উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল। অর্থাৎ, উহাদের মান সমান।

(2) তাপগ্রাহিতা কিছু পরিমাণ তাপ বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে ক্যালরিতে বা ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করা হয়। কিন্তু জল-সম কিছু পরিমাণ জলকে বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে গ্রামে বা পাউণ্ডে প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ :

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 75 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ .09 হইলে ক্যালরিমিটারের তাপগ্রাহিতা ও জল-সম নির্ণয় কর।

[A copper calorimeter weighs 75 gms. If the sp. heat of copper be .09, calculate the thermal capacity and water equivalent of the calorimeter.]

৩। এখানে $m = 75 \text{ gms}$; $s = .09$

$$\begin{aligned} \text{হতরাং তাপগ্রাহিতা, } C &= m \times s \text{ caloric} \\ &= 75 \times .09 \text{ caloric} \\ &= 6.75 \text{ caloric} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং জল-সম, } W &= m \times s \text{ gms} \\ &= 75 \times .09 \text{ gms} \\ &= 6.75 \text{ gms} \end{aligned}$$

2-10. ক্যালরিমিট্রির মূল নীতি (Principle of calorimetry)

ধরা যাউক A এবং B দুইটি বস্তু—A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী। এখন এই দুই বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনিলে A তাপ বর্জন করিবে এবং B সেই তাপ গ্রহণ করিবে। ফলে A বস্তুর তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে এবং B বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। এই তাপ গ্রহণ ও বর্জন চলিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়। যদি মনে করা যায় যে গ্রহণ ও বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইল না তবে A যে-পরিমাণ তাপ বর্জন করিবে B ঠিক সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করিবে। অর্থাৎ,

A কর্তৃক বর্জিত তাপ = B কর্তৃক গৃহীত তাপ। ইহাই ক্যালরিমিট্রির মূল নীতি।

ক্যালরিমিট্রি সংক্রান্ত পরিমাপে এহ মূল নীতি প্রয়োগ করিতে হইলে মূল-নীতি প্রতিষ্ঠার সময় যে অবস্থাব কথা ধরিয়া লওয়া হইয়াছে—অর্থাৎ তাপ গ্রহণ বা বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইবে না—তাহা সৃষ্টি করিবার জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে ক্যালরিমিটারকে এমনভাবে আচ্ছাদিত করিতে হইবে যে পরিবহণ, পবিচলন এবং বিকিরণ—এই তিন পদ্ধতিতে বাহিরের সহিত ক্যালরিমিটারের কোন তাপ আদান-প্রদান না হয়। তাছাড়া, পরীক্ষাদীন বস্তুকে দীর্ঘ সময়ব্যাপী উত্তপ্ত করা যাহাতে বস্তু স্থির তাপমাত্রা লাভ করে, উত্তপ্ত বস্তুকে দ্রুত ক্যালরিমিটারে স্থানান্তর করা, ক্যালরিমিটারের তরলকে অনবরত আলোড়িত করা এবং অগাধ তাপের উৎস হইতে ক্যালরিমিটারকে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন করা ইত্যাদি সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে। তছপরি, তরল ৭ কঠিন বস্তু এমনভাবে নির্বাচন করিতে হইবে যেন উহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়, কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু তাপ পরিত্যক্ত বা শোষিত হইবে যাহা ক্যালরিমিট্রির হিসাবে ধরা যাইবে না।

ক্যালরিমিটারের পরিমাণে জল ব্যবহার করা সুবিধাজনক নহে। ইহার কারণ এই যে অগ্ন্যস্ত্র তরলের তুলনায় জলের আপেক্ষিক তাপ অধিক। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপের দরুণ জলে যে তাপমাত্রা বৃদ্ধি হইবে সমস্ত অগ্ন্যস্ত্র তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি অপেক্ষা তাহা অনেক কম হইবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি যত কম হইবে তাহা পাঠ করিতে ভুলও তত বেশী হইবে। এই কারণে অল্প কোন তরল—যেমন, কোন তেল—ব্যবহার না করিয়া ক্যালরিমিটারে জল ব্যবহার করিলে প্রাপ্ত ফলের শতকরা ভুলের পরিমাণ বেশী হইবে।

2-11. ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় (Determination of water-equivalent of a calorimeter) :

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার লইয়া আলোড়ক (stirrer) সহ ওজন কর। ক্যালরিমিটারটি ঠাণ্ডা জল দিয়া অধিক ভর্তি কর এবং ওজন লও। ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা থার্মোমিটার দ্বারা লক্ষ্য কর। ক্যালরিমিটারকে আর একটি বড় পাত্রে রাখিয়া ক্যালরিমিটার ও পাত্রের মধ্যবর্তী স্থান তুলা, উল বা ঐরূপ কোন তাপের কুপরিবাহী বস্তু দ্বারা পূর্ণ কর। ইহাতে ক্যালরিমিটারের তাপক্ষয় নিবারিত হইবে। এখন অল্প একটি পাত্রে খানিকটা জল উত্তপ্ত কর এবং ইহার তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। তাহাতাড়ি ঐ উত্তপ্ত জল ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জলে মিশাও এবং আলোড়ক দিয়া নাড়িতে থাক। ক্যালরিমিটারে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে পাইতে স্থির হইবে তখন সেই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখ। ক্যালরিমিটার ও অভ্যন্তরস্থ জল যখন আবার পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আসিলে তখন পুনরায় ওজন লও। ধরা যাউক,

$$\text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} = W \text{ gms}$$

$$\text{খালি ক্যালরিমিটারের ওজন} = m_1 \text{ gms}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডাজলের " } = m_2 \text{ gms}$$

$$\text{" + ঠাণ্ডাজল-এ গরম জলের ওজন} = m_3 \text{ gms}$$

$$\text{ঠাণ্ডাজলের তাপমাত্রা} = t_1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{গরমজলের " " } = t_2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{মিশ্রিত জলের সর্বোচ্চ " } = t^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ঠাণ্ডা জলের ওজন} = (m_2 - m_1) \text{ gms} = m \text{ gms (ধর)}।$$

$$\text{যে গরম জল মিশানো হইল উহার ওজন} = (m_3 - m_2) = M \text{ gms (ধর)}।$$

এক্ষেত্রে গরম জল তাপ বর্জন কথিবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে। এখন,

$$\begin{aligned} \text{গরম জল কর্তৃক বজ্রিত তাপ} &= \text{গরম জলের পরিমাণ} \times 1 \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস} \\ &= M \times (t_2 - t) \text{ calorie [জলের আঃ তাঃ = 1]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ঠাণ্ডা " " গৃহীত " } &= \text{ঠাণ্ডাজলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= m(t - t_1) \text{ calorie} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ক্যালরিমিটার " " " } &= \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W(t - t_1) \text{ calorie} \end{aligned}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বজ্রিত তাপ

$$\text{কাজেই, } W(t - t_1) + m(t - t_1) = M(t_2 - t)$$

$$\text{অথবা, } W(t - t_1) = M(t_2 - t) - m(t - t_1)$$

$$\therefore W = \frac{M(t_2 - t)}{t - t_1} - m \text{ gms.}$$

উপবোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু জানা থাকায় W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি ক্যালরিমিটারের মধ্যে 15°C তাপমাত্রায় 140 gms জল আছে। উহাতে 35°C তাপমাত্রার 150 gms জল মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা 25°C হয়। ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

[A calorimeter contains 140 gms of water at 15°C . 150 gms of water at 35°C are mixed with it and the mixture attains a final temperature of 25°C . Calculate the water-equivalent of the calorimeter]

উ। ধরা যাউক W = ক্যালরিমিটারের জল-সম।

$$\begin{aligned} \text{গরম জল কর্তৃক বজ্রিত তাপ} &= \text{গরম জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস} \\ &= 150 \times (35 - 25) \\ &= 150 \times 10 = 1500 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ঠাণ্ডা জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 140 \times (25 - 15) = 140 \times 10 \\ &= 1400 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ক্যালরিমিটার " " " } &= \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W \times (25 - 15) = 10W \text{ cal} \end{aligned}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বজ্রিত তাপ

$$\text{অতএব, } 10W + 1400 = 1500$$

$$\text{অথবা, } 10W = 100$$

$$\therefore W = 10 \text{ gms}$$

(2) একটি লোহার পাত্রে 25°C তাপমাত্রায় 100 gms জল আছে। 60°C তাপমাত্রায় 50 gms. জল ঐ পাত্রে ঢালা হইল এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা 35°C হইল। বিকিরণ অথবা অন্ত কোন উপায়ে তাপক্ষয় না হইলে পাত্রের জল-সম কত হইবে নির্ণয় কর। পাত্রের ওজন 238 gms হইলে লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[An iron saucepan contains 100 gms. of water at 25°C . 50 gms of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C . Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms. what is the sp. heat of iron ?] [H. S. Exam. (Comp) 1960]

উ। ধব, পাত্রের জল-সম = W gms.

$$\begin{aligned}\text{এখন, উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{উষ্ণ জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 50 (60 - 35) \\ &= 1250 \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{পাত্রের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W (35 - 25) = 10W \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{পাত্রের ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 100 (35 - 25) = 1000 \text{ cal.}\end{aligned}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\text{কাজেই, } 10W + 1000 = 1250$$

$$\therefore 10W = 250$$

$$\text{or, } W = 25 \text{ gms.}$$

স্বাভাব, জল-সম = পাত্রের ভর \times পাত্রের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ

$$\text{কাজেই, } 25 = 238 \times s$$

$$\therefore s = \frac{25}{238} = 0.105 \text{ (প্রায়)}$$

(3) দুইটি বস্তুর ঘনত্বের অনুপাত 2 : 3 এবং আপেক্ষিক তাপ 0.12 এবং 0.09 ; বস্তু দুইটির প্রতি একক আয়তনের তাপগ্রাহিতার অনুপাত নির্ণয় কর।

[The densities of two substances are as 2 : 3 and their specific heats are 0.12 and 0.09 respectively. Compare their thermal capacities per unit volume.]

উ। ধন, 2ρ দুইটির ঘনত্ব যথাক্রমে 2ρ এবং 3ρ .

এখন, প্রতি একক আয়তনে উহাদের ভর হইবে $1 \times 2\rho$ এবং $1 \times 3\rho$.

যেহেতু তাপগ্রাহিতা = ভর \times আপেক্ষিক তাপ

কাজেই, প্রথম বস্তুর তাপগ্রাহিতা = $1 \times 2\rho \times 0.12$

এবং দ্বিতীয় „ „ = $1 \times 3\rho \times 0.09$

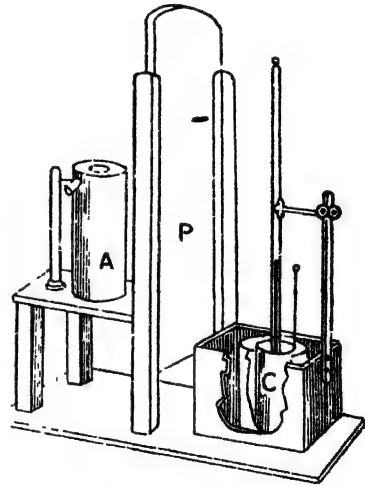
$$\text{উহাদের অনুপাত} = \frac{1 \times 2\rho \times 0.12}{1 \times 3\rho \times 0.09} = \frac{2 \times 12}{3 \times 9} = \frac{8}{9}$$

2-12. মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of a solid by the method of mixture) :

মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের জন্য একটি বিশেষ যন্ত্র ব্যবহার কবিতে হয়। ইহাকে বেনোর যন্ত্র (Regnault's apparatus) বলা হয়। 2গ নং চিত্রে এই যন্ত্রের ছবি দেখানো হইল। এই যন্ত্র ব্যবহারের ফলে পবিবর্তন প্রভৃতি পদ্ধতিতে তাপক্ষয় নিবারণিত হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : A একটি স্টিমতাপনী প্রকোষ্ঠ (steam heater)।

2গ নং চিত্রে ইহাকে আলাদা করিয়া দেখানো হইয়াছে। A এবং B দুইটি ধাতব চোঙ (2গ নং চিত্র)। A চোঙটির নীচের মুখ আলাদা একটি ঢাকনা দিয়া বন্ধ এবং এই ঢাকনা ইচ্ছামত সবানো বা লাগানো যায়। চোঙের উপরেব মুখ কৰ্ক দিয়া আটকানো এবং এই কৰ্কেব একটি ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার (T) ও অপর একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া সূতা গলাইবার ব্যবস্থা আছে। B চোঙের উপর দিকের একটি মুখ দিয়া স্টিম ঢুকিতে পারে এবং A ও B চোঙেব



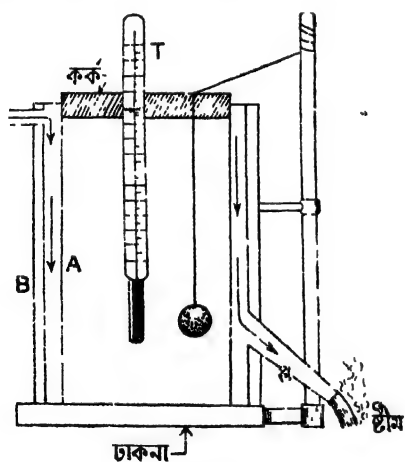
আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে বেনোর যন্ত্র
চিত্র 2গ

যাঝাঝান দিয়া তলার মুখ হইতে বাহির হইয়া যাউতে পারে। এই ব্যবস্থার ফলে A চোঙের ভিতরকার বস্তু স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে অথচ স্টিমের সহিত সাক্ষাৎ সংস্পর্শ হইবে না।

২গ নং চিত্রে সম্পূর্ণ যন্ত্রের ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A হইতেছে পূর্ববর্ণিত স্টীম-তাপনী। C একটি ক্যালরিমিটার—ইহা অল্প একটি তামার পাত্রে ভিতর রক্ষিত এবং মধ্যবর্তী স্থান ফেণ্ট দ্বারা পূর্ণ। ইহা তাপক্ষয় নিবারণ করিবে। ক্যালরিমিটারের সহিত বাহ্যতে স্টীম-তাপনীর কোন তাপীয় (thermal) সংযোগ না হইতে পারে যেইজন্ত দুইয়ের মাঝখানে একটি কাঠের পার্টিশান P আছে। ইহাকে ইচ্ছামত উপবে বা নীচে তোলা যায়। পার্টিশানকে উপবে তুলিয়া ক্যালরিমিটার C-কে স্টীম-তাপনীর তলায় লইয়া যাওয়া হয়।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) : পরীক্ষাধীন কঠিন পদার্থের একটি স্থবিধামত টুকরা লও এবং ইহাব ওজন নির্ণয় কর। স্টীম-তাপনীর ভিতর স্থতা দিয়া খুলাইয়া ইহাকে উত্তপ্ত কব (২ঘ নং চিত্র)।

ইতিমধ্যে ক্যালরিমিটার আলোড়কসহ ওজন কর। পরে ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ ঠাণ্ডা জলে ভর্তি করিয়া ওজন লও ও ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে স্টীম-তাপনীতে বন্ধিত বস্ত্র স্টীমের তাপমাত্রা লাভ করিবে। ইহা থার্মোমিটারের সাহায্যে পড়। অতঃপর P পার্টিশান তুলিয়া



স্টীম-তাপনী
চিত্র ২ঘ

খুলাইয়া দাও। এন্তলে উত্তপ্ত বস্ত্র জলকে ও ক্যালরিমিটারকে তাপ প্রদান করি ব। ফলে জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। যখন তাপমাত্রা আর বাড়িবে না তখন সেই চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা পড়।

[N. B. লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞানে' বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

ধবিয়া ক্যালরিমিটারকে স্টীম তাপনীর তলায় আন (২গ নং চিত্র)। তাপনীর তলাব ঢাকনা সরাইয়া লও এবং তাড়াতাড়ি স্থতা ছিঁড়িয়া বস্ত্রকে ক্যালরিমিটারেব জলের ভিতর ফেলিয়া দাও। সঙ্গে সঙ্গে ক্যালরিমিটারকে P-পার্টিশানের ডানদিকের সরাইয়া লইয়া আলোড়কের সাহায্যে জল নাড়িতে থাক। একটি থার্মোমিটার উক্ত ক্যালরিমিটারের ভিতর

গণনা (Calculation) :

ধর, পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

বস্তুর ওজন = M gms

ক্যালরিমিটারের ওজন = m_1 gms.

ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের ওজন = m_2 gms

ঠাণ্ডা জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_1^\circ\text{C}$

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_2^\circ\text{C}$

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু ও জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা = $t^\circ\text{C}$

এস্থলে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও উষ্ণ ভিতরকার ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করবে।

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = $M \times s \times (t_2 - t)$ cal.

ক্যালরিমিটার „ গৃহীত „ = $m_1 s_1 \times (t - t_1)$ cal.

[s_1 = ক্যালরিমিটার যে-পদার্থের তৈরি তাই উষ্ণতা আঃ হাঃ]।

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = $(m_2 - m_1)(t - t_1)$ cal
 $= m(t - t_1)$ cal.

[দ্বা যার্ডিক ঠাণ্ডা জলের ওজন = m , $\therefore m = m_2 - m_1$]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\begin{aligned} \text{অতএব, } Ms(t_2 - t) &= m(t - t_1) + m_1 s_1(t - t_1) \\ &= (t - t_1)(m + m_1 s_1) \\ \therefore s &= \frac{(t - t_1)(m + m_1 s_1)}{M(t_2 - t)} \end{aligned}$$

যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম II হয় তবে $m = m_1 s_1$. সেক্ষেত্রে,

$$s = \frac{(t - t_1)(m + m_1 s_1)}{M(t_2 - t)}$$

পরীক্ষার ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার :

(1) উত্তপ্ত বস্তুকে স্ট্রিম-তাপনই হইতে ক্যালরিমিটারে ফেলিবার সময় কিছু তাপ নষ্ট হয়। ইহার ফলে প্রাপ্ত ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়।

(2) পরিবহণ ও বিকিরণের দরুন কিছু তাপ ক্ষয় হয়। কিন্তু Regnault-এর ব্যবস্থাতে পরিবহণজনিত তাপক্ষয় অনেকাংশে নিবারিত হয়। বিকিরণের

যখন যে ক্রটি আসে তাহা দূর করিতে হইলে জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা হইতে যত বেশী হইবে জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা বরফজলের সাহায্যে ঘরের তাপমাত্রা হইতে তত কম করিয়া লইতে হইবে। ইহার ফলে পরীক্ষার শেষে বিকিরণের দরুন যে তাপক্ষয় হইবে পরীক্ষার প্রথমে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ সঞ্চিত হইবে এবং প্রাপ্ত ফল নির্ভুল হইবে।

(3) জলের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কবিত্তে খুব স্নবেদী (sensitive) থার্মোমিটার ব্যবহার করা উচিত।

(4) উক্ত পদার্থ কঠিন বস্তুটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিবার সময় সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে জল ছিটকাইয়া না পড়ে।

(5) এমন কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে দ্রবণীয় নয়। কারণ দ্রবণীয় হইলে কিছু লীন-তাপ কঠিন পদার্থ দ্রবণ হইতে গ্রহণ করিবে যাহার হিসাব করা সম্ভব হইবে না।

(6) কঠিন পদার্থ ও জলের ভিত্তি রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে চলিবে না। কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু পরিমাণ তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় যাহা উপবোক্ত হিসাবে আসে না।

2-13. মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়
(Determination of specific heat of liquid by the method of mixtures):

মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কবিত্তে হইবে। কঠিন পদার্থের দ্বারা একই পরীক্ষা-ব্যবস্থা যথেষ্ট কবিত্তে হইবে। শুধু ক্যালরিমিটারে জল না লইয়া পরীক্ষাদীন তরল লইতে হইবে এবং এমন একটা কঠিন পদার্থ বাছিয়া লইবে যাহার আপেক্ষিক তাপ জানা আছে এবং যাহার সহিত পরীক্ষাদীন তরলের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে না। মনে কর,

কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

পদার্থখণ্ডের গুজন = M gms

ক্যালরিমিটারের গুজন = m_1 gms

তরলের গুজন = m gms

তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_1^\circ \text{C}$

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_2^\circ \text{C}$

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু এবং তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা = $t^\circ \text{C}$

তরলের আপেক্ষিক তাপ = s_2

এক্ষেত্রে, কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = $M \times s \times (t_2 - t)$ cal.

ক্যালরিমিটার এবং তরল কর্তৃক গৃহীত তাপ

$$= (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1) \text{ cal.}$$

[s_1 = ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } Ms(t_2 - t) = (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1)$$

$$m_1 s_1 + m s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{t - t_1}$$

$$\therefore s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{m(t - t_1)} - \frac{m_1 s_1}{m}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু বাশি জানা থাকায় s_2 নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একপণ্ড কঠিন বস্তুর ওজন 500 gms ও তাপমাত্রা 100°C ; ইহাকে 12°C তাপমাত্রায় 100 gms জলের ভিতর ফেলা হইল। যদি ক্যালরিমিটারের তরল-সম 10 gms হয় এবং ক্যালরিমিটারের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া 49°C হয়, তবে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

[A solid weighs 500 gms and is at 100°C . It is dropped into 100 gms of water at 12°C . If the water equivalent of the calorimeter be 10 gms calculate the sp. heat of the solid, the final temperature of the mixture being 49°C .]

উ। এস্থলে উক্তপু কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং ক্যালরিমিটার ও তৎসহ জল সেই তাপ গ্রহণ করিবে।

ধরা যাউক কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ

\times তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 500 \times s \times (100 - 49) \text{ cal.}$$

$$= 25500 \times s \text{ cal.}$$

জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = জলের ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 100 \times 1 \times (49 - 12) \text{ cal.}$$

$$= 3700 \text{ cal.}$$

$$\begin{aligned}\text{ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ইহার জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 10 \times (49 - 12) \text{ cal.} \\ &= 370 \text{ cal.}\end{aligned}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 25500 \times s = 3700 + 370 = 4070$$

$$\therefore s = \frac{4070}{25500} = .16 \text{ (প্রায়)}$$

(2) তিন কিলোগ্রাম তামার তাপমাত্রা 0°C হইতে 10°C বৃদ্ধি করিতে যে-তাপেব প্রয়োজন তাহা এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা 10°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করে। তামার আপেক্ষিক তাপ 0.93 হইলে সীসার কত?

[The heat required to raise three kilograms of copper from 0°C to 10°C raises one kilogram of lead from 10°C to 100°C . If the sp. heat of copper be 0.93, find that of lead.]

উ। ধবা ঝাউক, সীসাব আঃ তাঃ = s

তিন কিলোগ্রাম তামার 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিব জ্ঞ প্রয়োজনীয় তাপ

$$\begin{aligned}&= \text{তামার ভব} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 3000 \times 0.93 \times 10 \text{ cal} \quad [3 \text{ kgm} = 3000 \text{ gm. }]\end{aligned}$$

এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা বৃদ্ধির জ্ঞ প্রয়োজনীয় তাপ

$$\begin{aligned}&= \text{সীসাব ভব} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 1000 \times s \times (100 - 10) = 1000 \times s \times 90 \text{ cal.}\end{aligned}$$

যেহেতু এই দুই তাপ সমান, অতএব

$$1000 \times s \times 90 = 3000 \times 0.93 \times 10$$

$$\text{অতএব} \quad s = \frac{3000 \times 0.93 \times 10}{1000 \times 90} = .031$$

(3) একটি ক্যালরিমিটারে 16°C তাপমাত্রায় 85 gms জল আছে। ইহার ভিতর 100°C তাপমাত্রায় 80 gms শুক্লনের একটি মার্বেল টুকরা ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 29.8°C হইল। মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। [ক্যালরিমিটারের জল-সম = 4.53 gms]

[A calorimeter contains 85 gms of water at 16°C . A piece of marble weighing 80 gms heated to 100°C is dropped into the water. The final temp. of water is 29.8°C . Calculate

the sp. heat of marble. The water equivalent of calorimeter is 4.53 gms.]

উ। ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = $4.53 (29.8 - 16)$ cal.

জল " " " = $85 (29.8 - 16)$ cal.

উত্তপ্ত মার্বেল " বর্জিত " = $80 \times s \times (100 - 29.8)$ cal.

[s = মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব, $4.53 (29.8 - 16) + 85 (29.8 - 16) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা, $(29.8 - 16) (4.53 + 85) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা, $13.8 \times 89.53 = 80 \times s \times 70.2$

$$\therefore s = \frac{13.8 \times 89.53}{80 \times 70.2}$$

= 0.22 (প্রায়)

(4) A, B এবং C তিনটি তরল পদার্থ। 60° তাপমাত্রায় 4 gms A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। আবার, 60°C তাপমাত্রায় 1 gm A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। 60°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে?

[Three liquids A, B and C are given. 4 gms of A at 60°C and 1 gm. of C at 50°C have, after mixing, a temperature of 55°C . A mixture of 1 gm of A at 60°C and 1 gm of B at 50°C shows a temperature of 55°C . What would be the temperature of a mixture of 1 gm of B at 60°C and 1 gm of C at 50°C ?]

Hints খব, S_A , S_B , S_C তরল তিনটির আপেক্ষিক তাপ এবং 't' নির্ণেয় তাপমাত্রা। অতএব,

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে } 4 \times S_A \times 5 = 1 \times S_C \times 5 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{দ্বিতীয় } ,, 1 \times S_A \times 5 = 1 \times S_B \times 5 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{তৃতীয় } ,, 1 \times S_B \times (60 - t) = 1 \times S_C \times (t - 50) \dots\dots\dots (3)$$

এখন, 't' নির্ণয় কর। $t = 52^\circ\text{C}$

কয়েকটি কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপের তালিকা

কঠিন পদার্থ	আ: তা:	তরল পদার্থ	আ: তা:
পিতল	0.09	অ্যালকোহল	0.6
তামা	0.092	কেরোসিন তেল	0.45-0.5
কাচ	0.16	পারদ	0.033
লোহা	0.117	সবিসাব তেল	0.5
মার্বেল	0.22	তাপিন তেল	0.42
বক্স	0.51		

2-14. খাদ্যবস্তু ও জ্বালানীর তাপনমূল্য (Calorific value of foodstuffs and fuels) :

জ্বালানীর তাপনমূল্য বলিতে এং পাউণ্ড কঠিন বা তরল জ্বালানী অথবা এক ঘন ফুট গ্যাসীয় জ্বালানী দহন করিলে যে তাপ পাওয়া যায় তাহা বুঝায়।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে এক গ্রাম কঠিন বা তরল জ্বালানী অথবা এক ঘন সেণ্টিমিটার গ্যাসীয় জ্বালানী দহন করিলে যে তাপ পাওয়া যায় তাহাই ঐ জ্বালানীর তাপনমূল্য। যেমন, সাধারণ কয়লার তাপনমূল্য প্রতি গ্রামে 8000 calorie.

খাদ্যবস্তু তাপনমূল্যও অনুরূপভাবে স্থির করা হয়। আমরা খাদ্য গ্রহণ করি দেখে শক্তি সরবরাহ কবিস্বর জ্ঞাত। খাদ্যবস্তু দেহের অভ্যন্তরে অক্সিজেন সহযোগে দহন হয় এবং দেহে তাপ সরবরাহ করে। খাদ্যবস্তু তাপনমূল্য নির্ধারণের জন্য 'কিলো-ক্যালরি' নামে একটি একক ব্যবহৃত হয় এবং ইহা 1000 সাধারণ ক্যালোরি সমান। যে সকল খাদ্যবস্তু আমরা গ্রহণ করি তাহাদের তাপনমূল্য নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে চর্বিজাতীয় খাদ্যে 9.3, শর্করা জাতীয় খাদ্যে 4.1, প্রোটিনজাতীয় খাদ্যে 4.1 কিলো-ক্যালরি আছে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে কায়িক পরিশ্রম কবে এরকম একজন মানুষের দৈনিক 5500 কিলো-ক্যালরি এবং কায়িক পরিশ্রম করে না এমন লোকের দৈনিক 2500 কিলো-ক্যালরি শক্তি প্রয়োজন। ইহা হইতে কোন ব্যক্তির খাদ্য তালিকায় কি কি খাদ্যবস্তু রাখা উচিত তাহা অনায়াসে স্থির করা যায়। এ প্রসঙ্গে একটি

কথা মনে রাখা উচিত যে প্রয়োজনীয় তাপনমূল্য সম্বলিত যে-কোন খাদ্য গ্রহণ করিলে দেহের গঠন পরিপূর্ণ হইবে না। যেমন, যথেষ্ট পরিমাণ শুষ্ক শর্করাজাতীয় খাদ্য গ্রহণ করিয়া দেহের প্রয়োজনীয় তাপন মূল্য সরবরাহ করিলে দেহের গঠন সম্পূর্ণ হয় না; কারণ দেহের বৃদ্ধি, পুষ্টি এবং ক্ষয়-ক্ষতির প্রতিস্থাপনের জন্য প্রোটিন, চর্বি ইত্যাদিরও প্রয়োজন হয়।

2-15. উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপে ক্যালরিমিতির প্রয়োগ
(Application of calorimetry in measuring high temperature) :

কোন চুল্লী (furnace) বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রার মত উচ্চ তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে সরাসরি মাপিবাব অনেক অস্ববিধা আছে। ক্যালরিমিতির প্রয়োগে এই তাপমাত্রা সহজে এবং মোটামুটি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে এমন একটি কঠিন বস্তু সাহায্য লইতে হইবে যাহার গলনাঙ্ক (melting point) উক্ত তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী—অর্থাৎ এই চুল্লী বা অগ্নিশিখার কঠিন বস্তুটি লাগিলে উহা গলিয়া যাইবে না। তাছাড়া, পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ জানা থাকিবে হইবে। আলোচ্য পদ্ধতিটি 2-12 অন্তর্ভুক্তিতে বিবৃত মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় পদ্ধতিব সম্বন্ধে বিবরণ একরকম। শুধু ইহা যে, বস্তুটিকে স্তম্ভ-তাপনোত্তে রাখিয়া স্তম্ভের তাপমাত্রা লাভ করা হইবার পৰ্য্যন্তই চুল্লী বা অগ্নিশিখার রাখিতে হইবে। ইহাতে বস্তুটি চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা পাইবে। অতঃপর 2-12 অন্তর্ভুক্তিতে বিবৃত পদ্ধতি অনুসরণ করিলে এই স্থানে যে শেষ সমীকরণটি লিখিত আছে উহা সাহায্যে কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা t_1 নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাই হইবে চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা। নিম্নবর্ণিত উদাহরণটি এই পদ্ধতির ব্যাখ্যা স্বরূপ গণ্য করা যাইতে পারে।

উদাহরণ :

একটি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয়ের ক্ষণে 80 gms ওজনের একটি প্লাটিনামের বল উহা ভিতর রাখা হইল। যখন বলটি চুল্লীর তাপমাত্রা লাভ করিল তখন উহাকে দ্রুত একটি জলপূর্ণ ক্যালরিমিটাবে স্থানান্তরিত করা হইল। জলসহ ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 15°C হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 20°C হইল। জলের ওজন ও ক্যালরিমিটারের জল-সম উভয়ে মিলিয়া 400 gms হইলে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্লাটিনামের আঃ তাঃ = 0.0365 .

[In order to determine the temperature of a furnace, a platinum ball weighing 80 gms is introduced into it. When it has acquired the temperature of the furnace, it is transferred quickly to a calorimeter containing water at 15°C . The temperature rises to 20°C . If the weight of water, together with the water-equivalent of the calorimeter be 400 gms, calculate the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0.0365 .]

উ। ধব, চুম্বীত তাপমাত্রা = $t^{\circ}\text{C}$. স্বতরাং প্লাটিনাম বলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t^{\circ}\text{C}$,

উত্তপ্ত বল কর্তৃক বজ্রিত তাপ = বলের ভব \times প্লাটিনামের আঃ তাঃ

\times তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 80 \times 0.0365 \times (t - 20)$$

$$= 8 \times 365 \times (t - 20)$$

$$= 2.92 t - 58.4 \text{ cal.}$$

জল ও ক্যালরিমিটারের কর্তৃক গৃহীত তাপ = জল-সম \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 400 \times (20 - 15)$$

$$= 400 \times 5$$

$$= 2000 \text{ cal.}$$

যেহেতু, বজ্রিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\therefore 2.92 t - 58.4 = 2000$$

$$\text{or, } 2.92 t = 2058.4$$

$$\text{or, } t = \frac{2058.4}{2.92} = 704.9^{\circ}\text{C. (প্রায়)}$$

216. জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হইবার ফল (Effects of high specific heat of water) :

জলের আপেক্ষিক তাপ 1 এবং ইহা অস্বাভাবিক কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা বেশী। নির্দিষ্ট পরিমাণ জল 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যে তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে সমস্ত যে-কোন কঠিন বা তরল পদার্থ এই তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য অনেক কম তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে। জলের এই উচ্চ

আপেক্ষিক তাপের জ্ঞত জলকে আমরা তাপশক্তির এক বিরাট ভান্ডার (store-house) বলিয়া মনে করিতে পারি এবং ইহা উষ্ণ অথবা শীতলীকরণের একটি বিশেষ সহায়ক বস্তু। শীতলীকরণের জন্ত স্টীম-এঞ্জিন বা পেট্রোল এঞ্জিনে জল ব্যবহৃত হয় এবং উষ্ণকরণের জন্ত গরমজলের বোতল বা গরমজলের বাগ (hot-water bag) ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া শীতপ্রধান দেশে বার্ষিক গরম রাখিবার জন্ত পাইপের সাহায্যে ঘরে ঘরে গরম জলের প্রবাহ পাঠানো হয়। সমুদ্রের বিরাট জলরাশিতে প্রচুর তাপশক্তি সঞ্চিত থাকে। ইহা না-সরকম ভাবে সমুদ্র-তীরবর্তী স্থানসমূহের জলবায়ুকে প্রভাবান্বিত করে। সমুদ্রতীরবর্তী স্থান নাতিশীতোষ্ণ - অথবা শীতকালে খুব ঠাণ্ডা হয় না আবার গ্রীষ্মে খুব গরম হয় না। তাই বলা হয় সমুদ্র উপকূলে চিরবসন্ত বিজয়মান। জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হওয়ায়, জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত উত্তপ্ত হয় এবং তাপ প্রভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা হয়। ইহার ফলে স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ুর (land and sea breeze) উদ্ভব হয়।

2-17. লীন-তাপ (Latent heat):

বোন বস্তুতে তাপ প্রদান করিলে বস্তুই তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। থার্মোমিটারের সাহায্যে এই তাপমাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া আমরা বুঝিতে পারি যে বস্তুটি তাপ গ্রহণ করিতেছে। এই তাপকে সাধারণত 'বোধগম্য' (sensible) তাপ বলা হয়। কিন্তু 0°C তাপমাত্রায় একগুণ বরফ যদি তাপ প্রদান করা হয় তবে দেখা যাইবে যে থার্মোমিটার কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখাইতেছে না। অর্থাৎ তাপ গ্রহণ করিয়া বরফ আশে আশে গলিয়া যাচ্ছে। দৃষ্টিগত পন্থা সমস্ত বরফ টুকরাটি গলিয়া কিস হইবে দৃষ্টিগত পন্থা তাপ প্রদান সত্ত্বেও তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না। পরে যখন বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া জল হইবে তখন সেই জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। তাহা হইলে বরফ টুকরাটির গলন শুরু হইতে শেষ পন্থা যে-তাপ প্রদান করা হইল তাহা কোথায় গেল? এই তাপ বরফ টুকরাটির গলনের সাহায্য করিল এবং ইহাও কোন বাহ্যিক প্রকাশ হইল না। এইরূপ যে-কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করে তাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। এইজন্য এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

আবার থানিদটা জল লইয়া যদি আশে আশে ঠাণ্ডা করা যায় তবে থার্মোমিটারে তাপমাত্রার হ্রাস দেখা যাইবে। জল ঠাণ্ডা করার অর্থ এই

যে জল উহার নিজস্ব তাপ আন্তে আন্তে বর্জন করিতেছে। এইভাবে তাপবর্জন করিতে করিতে যখন জলের তাপমাত্রা 0°C পৌছাইবে, তখন জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। ঠিক তখনই থার্মোমিটারে আর কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখা যাইবে না। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত জল বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেডেই থাকিবে যদিও সমস্ত সময়ই জল তাপ বর্জন করিতে থাকিবে। এইরূপ যে-কোন তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে কিছু তাপ বর্জন কবে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে পৰা যায় না। ইহাকেও লীন-তাপ বলে।

অর্থাৎ, পদার্থের অনন্তান্তর হইলেই উহা কিছু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে যাহার বাহ্যিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকেই লীন-তাপ বলা হয় কারণ এই তাপ পদার্থে লীন (hidden) হইয়া থাকে।

2-18. গলনের লীন-তাপ (Latent heat of fusion) :

তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের এক একক ভরকে কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন ইহাও উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হয়।

সি জি. এম. পদ্ধতিতে ভর 1 গ্রাম ও তাপের একক ক্যালরি। সুতরাং এই পদ্ধতিতে কোন পদার্থের এক গ্রাম ভরকে তাপমাত্রা পরিবর্তন না করিয়া কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন হয় উহাকেই উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হইবে।

যেমন, বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি। ইহার অর্থ 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফকে 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জলে পরিণত করিতে 80 ক্যালরি তাপ প্রদান করিতে হইবে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে 1°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফের সহিত 1°C তাপমাত্রার 1 গ্রাম জলের পার্থক্য আছে। পার্থক্য এই যে উক্ত জলে উক্ত বরফ অপেক্ষা 80 ক্যালরি বেশী তাপ রহিয়াছে।

এই কারণে 0°C তাপমাত্রায় জল বাষ্পে জল তরল অবস্থাতেই থাকিবে। উহাকে বরফে পরিণত করিতে হইলে উহা হইতে গ্রাম প্রতি 80 ক্যালরি তাপ নিষ্কাশন করতে হইবে। অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জল যখন 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফে পরিণত হইবে তখন উহা 80 ক্যালরি তাপ বর্জন করিবে।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ প্রকাশ করিতে হইলে বরফের ভরকে পাউণ্ড এবং তাপকে ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করিতে হইবে। যেহেতু $1 \text{ lb} = 453.6 \text{ gms}$ এবং $1 \text{ B. Th. U.} = 252 \text{ calories.}$

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ হইবে = $\frac{80 \times 453.6}{252}$
 $= 144 \text{ B. Th. U.}$

2-19. মিশ্রণ উপায়ে বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় (Determination of latent heat of fusion of ice by the method of mixture):

একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর। আলোড়কটিতে একটি পাতলা তারের জাল (wire-guage) দিয়া নিতে হইবে। ক্যালরিমিটারের $\frac{2}{3}$ অংশ জলপূর্ণ করিয়া উহাকে পুনরায় ওজন কর। এই দুই ওজনের পার্থক্য হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। ক্যালরিমিটারে পার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখ।

অতঃপর কয়েক টুকরা বরফ রাট কাগজ দ্বারা শুষ্ক করিয়া তাড়াতাড়ি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিয়া দাও এবং আলোড়কেব জালদ্বারা সর্বদা জলের ভিতর রাখিয়া আশে আশে নাড়িতে থাক। বরফ গলিতে থাকিবে এবং জলের তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে। এখন সমস্ত বরফ গলিয়া যাইবে তখন জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া যখন ক্যালরিমিটার ঘরের তাপমাত্রা লাভ করিবে তখন উহাকে পুনরায় ওজন কর। দ্বিতীয় ওজন হইতে এই ওজনের পার্থক্য যতটা বরফ লওয়া হইল উহার ওজনের সমান।

গণনা :

ধরা যাউক, বরফ গলনের লীন-তাপ $= L \text{ cal.}$

ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1 \text{ gms.}$

ক্যালরিমিটার + জলের ওজন $= m_2 \text{ gms.}$ ১৭ টা

ক্যালরিমিটার + জল + বরফগলা জলের ওজন $= m_3 \text{ gms}$ ইহাতে

ক্যালরিমিটার ও জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1^\circ \text{ C}$ ৭। পরে

ক্যালরিমিটার, জল ও বরফগলা জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা $= t_2^\circ \text{ gms.}$ যদি

ক্যালরিমিটার যে-ধাতুতে নিমিত উহার আঃ তাঃ $= s$ ।

[A copper calorimeter weighs 112.5 gms. and with certain amount of water it weighs 187.5 gms. The temperature of water is 30°C . When a few pieces of ice are dropped in water, the temperature falls to 24.5°C . When the calorimeter is re-weighed it was found to be 192 gms. If the sp. heat of copper be 0.1, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। ধর, বরফ গলনের লীনতাপ = L cal.

$$\text{জলের ওজন} = 187.5 - 112.5 = 75 \text{ gms.}$$

$$\text{বরফের } ,, = 192 - 187.5 = 4.5 \text{ ,,}$$

$$\begin{aligned} \text{শুষ্ক বরফ গলিবাব জগা প্রয়োজনীয় তাপ} &= \text{বরফের ভর} \times \text{লীন-তাপ} \\ &= 4.5 L \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{বরফ গলা জলের তাপমাত্রা } (0^{\circ}\text{C} \text{ হইতে } 24.5^{\circ}\text{C} \text{ বৃদ্ধির জগা প্রয়োজনীয় তাপ}) \\ &= \text{জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \\ &= 4.5 \times (24.5 - 0) = 4.5 \times 24.5 = 110.25 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং মোট গৃহীত তাপ} = 4.5 L + 110.25 \text{ cal}$$

ক্যালরিমিটারের কতক বজ্রিত তাপ

$$\begin{aligned} &= \text{ইন্সার ভর} \times \text{আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 112.5 \times 0.1 \times (30 - 24.5) \\ &= 112.5 \times 0.1 \times 5.5 \\ &= 61.87 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জল নতুনক বজ্রিত তাপ} &= \text{ইন্সার ভর} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 75 \times (30 - 24.5) \\ &= 75 \times 5.5 \\ &= 412.5 \text{ cal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{মোট বজ্রিত তাপ} &= 412.5 + 61.87 \\ &= 474.37 \text{ cal} \end{aligned}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বজ্রিত তাপ

অতএব,

$$4.5 L + 110.25 = 474.37$$

$$\text{অপরা, } 4.5 L = 364.12$$

$$\text{সুতরাং } L = \frac{364.12}{4.5} = 80.9 \text{ cal.}$$

(2) 2.86 gms ওজনের একখণ্ড বরফ 35°C তাপমাত্রার 45 gms কোন তেলে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যে-ক্যালরিমিটারের ভিতর তেল রাখা আছে উহার জল-সম 7.5 gms. তেলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25°C হইল। তেলের আঃ তাঃ 0.5 হইলে বরফ-গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A piece of ice weighing 2.86 gms. is dropped into 45 gms of an oil at 35°C. The water-equivalent of the calorimeter containing the oil is 7.5 gms. The final temperature of the oil is 25°C. If the sp. heat of the oil be 0.5, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। 2.86 gms বরফ গলবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = $2.86 \times L$ cal.

2.86 gms বরফ গলা জল 0°C হইতে 25°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে প্রয়োজনীয় তাপ = $2.86 \times (25 - 0)$

$$= 2.86 \times 25 = 71.5 \text{ cal.}$$

ক্যালরিমিটার ও তরল বস্তুত তাপ = ইহার জল-সম \times তাপমাত্রার হ্রাস

$$= 7.5 \times (35 - 25)$$

$$= 7.5 \times 10$$

তেল কতক বস্তুত তাপ = ইহার ভন \times আঃ তাঃ \times তাপমাত্রার হ্রাস

$$= 45 \times 0.5 \times (35 - 25)$$

$$= 45 \times 0.5 \times 10$$

$$= 225 \text{ cal.}$$

যেহেতু, মোট প্রাপ্ত তাপ = মোট বস্তুত তাপ

$$\text{অর্থাৎ, } 2.86 \times L + 71.5 = 75 + 225$$

$$= 300$$

$$\text{অতএব, } 2.86 \times L = 228.5$$

$$\therefore L = \frac{228.5}{2.86} = 79.8 \text{ cal (প্রায়)}$$

(3) 10°C তাপমাত্রায় 5 gms বরফ 39°C তাপমাত্রায় 20 gms জলে দেওয়া হইল। সমস্ত বরফ গলিবে কি? গলিলে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কত হইবে?

[বরফের আঃ তাঃ = 0.5 এবং গলনের লীন-তাপ = 80 cal]

[5 gms. of ice at -10°C are mixed with 20 gms. of water at 39°C. Will all ice melt? If so, what is the final

temperature of the mixture? Sp. heat of ice = 0.5 and latent heat of fusion of ice = 80 cal.]

উ। বরফ গলিতে গেলে প্রথমত বরফকে -10°C হইতে 0°C তাপ-মাত্রায় আসিতে হইবে এবং অতঃপর প্রতি গ্রামে 80 cal. তাপ লইয়া গলিতে হইবে। এই প্রয়োজনীয় তাপ যদি উষ্ণ জল হইতে পাওয়া যায় তবে সমস্ত বরফ গলিবে।

$$\begin{aligned}\text{প্রথম স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ} &= \text{বরফের ভর} \times \text{ইহার ধা: তা:} \\ &\quad \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \\ &= 5 \times 0.5 \times [0 - (-10)] \\ &= 5 \times 0.5 \times 10 \\ &= 25 \text{ cal.}\end{aligned}$$

দ্বিতীয় স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ = $5 \times 80 = 400$ cal.

সুতরাং মোট প্রয়োজনীয় তাপ = $400 + 25 = 425$ cal

20 gms উষ্ণ জলের 39°C হইতে 0°C তাপমাত্রা হ্রাস পাঠিতে মোট বর্জিত তাপ = $20 \times (39 - 0) = 20 \times 39 = 780$ cal.

যেহেতু বর্জিত তাপ সমস্ত বরফ গলিবার জল প্রয়োজনীয় তাপ অপেক্ষা বেশী কাজেই যোগ্য হইতেছে যে সমস্ত বরফ গলিবে এবং যে অতিরিক্ত তাপ থাকিবে তাহা মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কিছু বৃদ্ধি করিবে।

ধরা যাউক, মিশ্রিত জলের শেষ তাপমাত্রা $t^{\circ}\text{C}$. কাজেই উষ্ণ জলের তাপমাত্রা 39°C হইতে $t^{\circ}\text{C}$ হ্রাস পাইলে বর্জিত তাপ = $20 \times (39 - t) = 780 - 20 \times t$ cal.

বরফকে -10°C হইতে 0°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয় তাপ = 25 cal [উপরে দেখ]।

বরফকে শুধু গলাইবার জল প্রয়োজনীয় তাপ = $5 \times 80 = 400$ cal.

বরফ গলা জলের 0°C হইতে $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয়

$$\text{তাপ} = 5 \times (t - 0) = 5 \times t \text{ cal.}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গ্রহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 780 - 20 \times t = 425 + 5 \times t$$

$$\text{অথবা, } 25 t = 355$$

$$\therefore t = \frac{355}{25} = 14.2^{\circ}\text{C.}$$

সারাংশ

যে পদ্ধতিতে বস্তু কতক গৃহীত বা বর্জিত তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিতি বলে।

তাপের একক :—

(1) ক্যালরি :— এক গ্রাম জলকে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ক্যালরি বলে।

(2) ব্রিটিশ থার্মাল একক :— এক পাউণ্ড জলের 1°F তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ব্রিটিশ থার্মাল একক বলে।

(3) থার্ম : 100,000 পাউণ্ড জলের 1°F তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলে।

1 ব্রিটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

আপেক্ষিক তাপ :—

কোন পদার্থের আঃ তাঃ

বস্তুর এক গ্রামের 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

আপেক্ষিক তাপ একটি সংখ্যামাত্রা। ইহা কোন একক নাই।

কোন বস্তুর ভর যদি 'm' হয় এবং ঐ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ 'x' হয় তবে ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য গৃহীত তাপ = $m \times x$ এবং 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বর্জিত তাপ = $m \times x$ ।

তাপগতিতা :— কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহাকে বস্তুর তাপগতিতা বলে।

বস্তুর জন-সম :— কোন বস্তুর 1 ($^{\circ}$) তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহা যত গ্রাম জনকে 1 ($^{\circ}$) উষ্ণ করিতে তাহাকে উক্ত বস্তুর জন-সম বলে।

ক্যালরিমিতির স্রব :— 1 এবং 2) দুইটি বস্তু ভিতর তাপের আদান-প্রদান হইলে ক্যালরিমিতির স্রোতস্রাযী, A কতক বর্জিত তাপ B কতক গৃহীত তাপ।

লীন-তাপ :— পদার্থের অবস্থান্তর হইলে উহা কিছু তাপ বদল বা গ্রহণ করে যাহা কোন বাষ্পিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

পদার্থ গলনের লীন-তাপ :— তাপমাত্রাব্যাপ্তি পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের একক ভরকে কঠিন অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলে।

বরফ গলনের লীন-তাপ 80-ক্যালরি প্রতি গ্রামে।

1. নিম্নলিখিত বাণিজ্যিক সঠিক সংজ্ঞা লেখ :—(i) আপেক্ষিক তাপ (ii) ক্যালরি (iii) ব্রিটিশ থার্মাল একক (iv) থার্ম (v) তাপগ্রাহিতা ও (vi) জল-সম।

[Define the following terms ; (i) Specific heat (ii) Calorie (iii) British thermal unit (iv) Therm (v) Thermal capacity (vi) Water-equivalent.]

2. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা লেখ। আপেক্ষিক তাপ কি (i) ভরের একক এবং (ii) তাপগ্রাহিতার এককের উপর নির্ভর করে? নির্ভর করিলে কি ভাবে করে?

কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Define 'specific heat' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used.]

Describe a method of determining the specific heat of a solid

[I.I. S. (Comp) 1962]

3. 100°C তাপমাত্রায় এক পাউন্ড লোহা ও এক পাউন্ড পানি বরাবর রাখলে লোহা বেশী বরফ গলাবে কেন?

[Why does a pound of non melt more ice than a pound of lead being at a same temperature of 100°C ?]

4. সমান ভরের বিভিন্ন দ্রব্যে সমান তাপ প্রয়োগ করিলে তাপমাত্রা কি ভিন্ন হইবে?

[Will the temperature be different if same quantity of heat is supplied to different substances of same mass ?]

5. বস্তুর তাপগ্রাহিতা ও জল-সম কতকালে বলে? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

[What do you mean by thermal capacity and water-equivalent of a body? What is the difference between the two ?] [I.I. S. (Comp) 1960, 1961]

6. সোয়ান আপেক্ষিক তাপ 0.08 —ইহা ব্যাখ্যা কর। তাপগ্রাহিতার সংজ্ঞা লেখ। দুইটি একই ধরনের কেটলিতে সম-পরিমাণ জল ও দুধ ভরিয়া আগুনের উপর পাশাপাশি রাখা হইল। তাহা অপেক্ষা দুইবার তাপমাত্রা বৃদ্ধি হইত দেখা গেল। ইহা ব্যাখ্যা কর।

[Explain 'Specific heat of lead is 0.08 '. Define 'Thermal capacity'.

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain.]

[I.I. S. Exam. 1960]

7. বিস্তারিত বিবরণ সহ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর : (ক) ক্যালরি (খ) জল-সম, (গ) কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ, (ঘ) তরলের আপেক্ষিক তাপ।

[Describe in detail the methods of determining the following ; (a) Water-equivalent of a calorimeter. (b) Specific heat of a solid, (c) Sp. heat of a liquid.] [cf. I.I. S. Exam. 1960]

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে গৃহীত তাপ নির্ণয় কর :—(i) 75 gms জলকে 16°C হইতে 100°C -এ উত্তপ্ত করিতে (ii) 86 lbs জলকে 60°F হইতে 212°F পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে (iii) 5 litres

জলকে 15°C হইতে 80°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iv) 7 gms তামাকে 15°C হইতে 200°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (তামার আপঃ তাঃ $=0.1$) ।

[Calculate the heat absorbed in the following cases : (a) To raise 75 gms of water from 16°C to 100°C ; (ii) 1 lbs of water from 60°F to 212°F ; (iii) 5 litres of water from 15°C to 80°C ; (iv) 7 gms of copper from 15°C to 200°C . (sp. ht. of Cu $=0.1$)]

[Ans. (i) 6800 cal ; (ii) 5472 B. Th. U. ; (iii) 825,000 cal. ; (iv) 129.5 cal.]

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ধাতুগুলির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর :—(i) 15°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে 100°C তাপমাত্রার 100 gms তামা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 19°C -এ বর্ধিত হইল ; (ii) 16°C তাপমাত্রায় 100 gms জলে 99°C তাপমাত্রার 800 gms সীসা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 28°C -এ বর্ধিত হইল ; (iii) 50°F তাপমাত্রার 1.25 lb. জলে 200°F তাপমাত্রার 1 lb প্যারদ মিশ্রণে হইলে জলের তাপমাত্রা 58.5°F -এ বর্ধিত হইল ।

[Calculate the specific heat of metals in the following cases : (i) 100 gms of copper at 100°C when dropped into 200 gms of water at 15°C , the temperature of water became 19°C . (ii) 800 gms of lead at 99°C when dropped into 100 gms of water at 16°C , the temperature of water became 28°C ; (iii) 1 lb. of mercury at 200°F when mixed with 1.25 lbs of water at 50°F , the temperature of water became 58.5°F] [Ans. (i) .0988 ; (ii) .0807 ; (iii) .0299]

10 একটি ঘরে 50 litres বায়ু আছে। উষ্ণতা প্রত্যেক 1 gms/litre অবঃ আপেক্ষিক তাপমাত্রা 40°C , এই ঘরকে 50°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করিতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? বায়ুর আপেক্ষিক তাপ $=0.24$

[A room contains 50 litres of air at 40°C weighing 1 gms/litre. How much heat is required to raise the temperature of the air to 50°C ? Sp. heat of air $=0.24$] [Ans. 15C cal]

11 50°C তাপমাত্রার 50 gms জল একটি পাত্রে ঢেলা হইল। এই পাত্রে 12°C তাপমাত্রার 40 gms জল ছিল। মিশ্রিত জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 46°C হইলে পাত্রটির জল-সম নির্ণয় কর ।

[A vessel contains 40 gms of water at 12°C . Into this water are added 50 gms of water at 50°C . The final temperature of the mixture is 46°C . Calculate water-equivalent of the vessel.] [Ans. 10 gms]

12 100 gms একটি বস্তুকে 122°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা। 28°C তাপমাত্রার 800 gms জলে ফেলা হইল। এই জল 50 gms গুজনের একটি তামার ক্যালরিমিটারে রাখা হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হইল 80°C , তামার আপেক্ষিক তাপ 0.09 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ কত ?

[A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 800 gms of water, at 28°C , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 80°C . If the specific heat of copper be 0.09, calculate that of the material of the body.]

[H. S. (comp) 1962] [Ans. .066]

13. একটি তাম্র পাত্রে 80°C তাপমাত্রায় 600 gms. জল আছে। পাত্রটির জলসহ 60 gms. একটি বুনসেন বার্নার বাহা প্রতি সেকেন্ডে 100 calories তাপ উৎপন্ন করিতে পারে তাহা দ্বারা জল গরম করা হইল। জলকে ফুটানাকে পৌঁছাইতে হইলে কত সময় লাগিবে?

[A copper vessel of water equivalent 60 gms., contains 600 gms of water at 80°C . A Bunsen burner, adjusted to supply 100 calories per second is used to heat the vessel. Calculate the time required to raise the water to the boiling point.] [Ans. 7 min. 42 sec.]

14. 100°C তাপমাত্রায় 80 gms লোহা 20°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে ফেলিলে মিশ্রণের তাপমাত্রা কত হইবে নির্ণয় কর। শুদ্ধ জল 50 gms ওজনের একটি লোহা পাত্রে ছিল। লোহার আঃ তাঃ = 0.12

[80 gms of iron at 100°C are dropped into 200 gms of water at 20°C . The water was contained in an iron vessel weighing 50 gms. Calculate the temperature of the mixture. Sp. heat of iron = 0.12] [Ans. 28.5°C]

15. একটি 200 gms ওজনের প্লাটিনাম বল কল অল্প চুলা হইতে 0°C তাপমাত্রায় 150 গ্রাম জলে ফেলা হইল। যদি প্লাটিনাম বল কলকে সঙ্গত সম্পূর্ণ তাপ জল গরম করে এবং জলের তাপমাত্রা 80°C হয়, তবে চুলার তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। প্লাটিনামের আঃ তাঃ = 0.03।

[A ball of platinum whose mass is 200 gms is removed from a furnace and immersed in 150 gms of water at 0°C . Supposing the water to gain all heat that platinum ball loses and if the temperature of the water rises to 80°C , determine the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0.03]

[Ans. 75.5°C]

16. 200 gms সসারকে উত্তপ্ত করিয়া 100°C তাপমাত্রায় রাখা হয়। উত্তপ্তকৃত সসারকে তাপমাত্রা 20°C জলে পড়ানো হইল। তাহলে জলের তাপমাত্রা কত হইবে? পাত্রের তাপমাত্রা 0°C এবং সসারের তাপমাত্রা 100°C হইবে? পাত্রের তাপমাত্রা 0°C এবং সসারের তাপমাত্রা 100°C হইবে? (সসারের আঃ তাঃ = 0.03)

[200 gms of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gms of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid is 0°C , find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. Sp. heat of lead = 0.03] [H. S. Pizam, 1960] [Ans. 56.6°C]

17. কোনটি হইবে? পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় কর।

(i) 500 gms. জলকে 85°C হইতে 95°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে;

(ii) 4 lb. জলকে 100°F হইতে 212°F পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে।

[Which one of the two following cases requires greater quantity of heat ?

(i) To heat 500 gms of water from 85°C to 95°C .

(ii) To heat 4 lbs of water from 100°F to 212°F .]

[Ans. দ্বিতীয়টিতে]

18. 0.54 আঃ তাঃ সম্পন্ন 20°C তাপমাত্রায় কিছু ভরল 0.86 আঃ তাঃ সম্পন্ন 11°C তাপমাত্রায় অল্প এক ভরল পদার্থের সহিত মিশ্রিত হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 17°C হইল। তদ্রূপ পদার্থ দুইটির পরিমাণের অনুপাত কত?

✓ [A liquid of sp. heat 0.54 and temperature 29°C was mixed with another liquid of sp. heat 0.86 and temperature 11°C . The final temperature of the mixture was 17°C . In what proportion were the liquids mixed ?] [Ans. 1 : 8]

19. একটি 60 lb. ওজনের তামার বয়লাবে 80 gallons জল আছে। জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা 52°F , এই জলকে উত্তপ্ত কবির ক্ষুটনাকে লইতে হইলে কত আনডনের কয়লা গ্যাস প্রয়োজন হইবে? কয়লা গ্যাসের তাপনমূল্য $=480 \text{ B. Th. U./c. ft.}$; 1 gallon $=10 \text{ lbs}$ এবং তামার আপেক্ষিক তাপ $=0.1$

[What volume of coal gas, having a calorific value of 480 B. Th. U. per c. ft will be needed to heat 80 gallons of water, contained in a copper boiler weighing 60 lbs, from 52°F to boiling point? 1 gallon of water weighs 10 lbs; Specific heat of copper $=0.1$] [Ans. 102 c ft.]

20. পদার্থ গলনের লীন-তাপ কীভাবে বোঝায়? বরফ গলনের লীন-তাপ 80 calories বলিতে কী বুঝায়? ✓

[What is latent heat of fusion of a substance? What is meant by 'latent' heat of fusion of ice is 80 calories?] [H. S. Exam. 1961]

21. বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় কাদেরার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

Describe a method of determining the latent heat of fusion of ice,]

22. ১০ গ্রাম জল ১০°C তাপমাত্রায় ১০০ গ্রাম বরফ মিশ্রিত হইলে তাপমাত্রা ১০০ গ্রাম জল ০°C

Which one produces more cold.—100 gms of ice at 0°C or 100 gms of water at 0°C ?]

✓ 23. সমপরিমাণ গরম জল ও বরফ মিশ্রিত হইলে। বরফ গলিয়া জল হইবার সময় তাপমাত্রা ০°C হইবে। গরম জলের তাপমাত্রা কত হইবে?

[Equal quantities of hot water and ice were mixed. When the ice melted the temperature of the mixture was found to be 0°C . What was the temperature of the hot water?] [Ans. 80°C]

24. 40°C তাপমাত্রায় 200 gms জলকে 10°C তাপমাত্রায় হ্রাস করিতে কত বরফ মিশ্রিত হইবে?

[How much ice is to be mixed with 200 gms of water to bring down its temperature from 40°C to 10°C ?] [Ans. 66.6 gms.]

✓ 25. 2 gms বরফ সহিত 45°C তাপমাত্রায় 4 gms জল মিশ্রিত হইলে তাপমাত্রা কত হইবে?

[What will be the result of mixing 2 gms of ice with 4 gms of water at 45°C ?] [Ans. All ice will melt and final temp. will be 33°C]

26. 20°C তাপমাত্রায় 100 gms টিনকে গলাইতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে? টিনের লীনতাপ $=282^{\circ}\text{C}$; টিন গলনের লীন-তাপ $=14 \text{ cal}$. টিনের আপেক্ষিক তাপ $=0.05$.

[How much heat is required to melt 100 gms of tin at 20°C ? Melting point of tin = 232°C ; latent heat of fusion of tin = 14 cal. Sp. heat of tin = 0.05 .]
[Ans. 2460 cal.]

27. 40°C তাপমাত্রায় 100 gms জলে 10 gms বরফ ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[10 gms of ice are dropped into 100 gms of water at 40°C . What will be the final temperature of water ?]
[Ans. 29.09°C]

28. 350 gms ওজনের এক টুকরা লোহাকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া এক টুকরা বরফের গর্তে ভিতর ফেলা হইল। ইহার ফলে 84.5 gms বরফ গলিয়া গেল। লোহাৰ আপেক্ষিক তাপ কত ?

[A piece of iron weighing 350 gms is heated upto 100°C and is dropped into the cavity of a block of ice. As a result 84.5 gms of ice melt. Calculate the sp. heat of iron.]
[Ans. 0.11]

29. 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 8 lbs তাম্রকে সঞ্চিত 0°C তাপমাত্রায় 2 lbs বরফ মিশাইয়া দিলে কত তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা 50°C হইবে ? [তাম্রের আপেক্ষিক তাপ = 0.1 , বরফের লীন তাপ = 80 cal/gm .]

[What is the result of mixing 8 lbs of copper at 100°C with 2 lbs of ice at 0°C ? Sp. heat of copper = 0.1 , latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm .]
[H. S. Exam. 1961] [Ans. 1 lb বরফ গলবে]

30. 'বোধগম্য' তাপ এবং 'লীন তাপ' মধ্যে পার্থক্য কি ? 'বোধগম্য' তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা 50°C হইবে কত তাপ প্রদান করিতে হইবে ?

বরফের পরিমাণ 10 gms হইলে উপরোক্ত ক্ষেত্রে যেটি কত তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা 50°C হইবে (বরফের আপেক্ষিক তাপ = 0.5 ; বরফের লীন তাপ = 80 cal/gm .)

[Distinguish between 'sensible' heat 'latent' heat. State, in general terms the effect of application of heat to ice, say at -8°C until the temperature of 50°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied in the above case, if the mass of ice be 10 gms. (Sp. heat of ice = 0.5 , latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm .)
[H. S. (comp.) 1961] [Ans 1840 cal]

[Objective Type Questions]

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির পাশে পাশে কতকগুলি উত্তর দেওয়া হইল। উত্তরগুলির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা সঙ্গত বলিয়া মনে হইবে তাহা চিহ্নিত কর এবং সংক্ষেপে কারণ দেখাও :-

(i) সমস্তই দুইটি বিভিন্ন পদার্থে সমান তাপমাত্রা স্থাপিত করিতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ প্রদান করিতে হয় ?

উঃ । পদার্থের ঘনত্বের অল্প, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের অল্প, পদার্থের আপেক্ষিক তাপের অল্প।

(ii) কোন বস্তু তাপগ্রাহিতা কোন্ কোন্ জিনিসের উপর নির্ভর করে ?

উঃ। বস্তু ভর, উহাৰ উপাদান, উহাৰ ঘনত্ব, তাপমাত্রার স্কেল।

(iii) 0°C তাপমাত্রার বস্তুকে তাপ প্রদান করিলে বস্তুটির তাপমাত্রা কি বস্তু পরিবর্তন লক্ষিত হইবে ?

উঃ। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে, তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে, তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না।

(iv) কিছু জলকে অনেকখানি বস্তুটির দ্বারা আবৃত করিয়া রাখিলে জল জমিয়া যাইবে কি ?

উঃ। জমিবে, জমিবে না।

(v) 'ক্যালরি' কোন বাসির একক ?

উঃ। তাপের, তাপমাত্রার, জল-সামান, লীন-তাপের।

(vi) 100,000 পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°F বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে কি বলে ?

উঃ। অ্যামেরিকান তাপ, পাম, ব্রিটিশ থার্মাল একক।

(vii) অ্যামেরিকান তাপের সঠিক বস্তু ভর স্তর করিলে কোন বাসির পাওয়া যায় ?

উঃ। তাপগ্রাহিতা, জল-সাম, লীন-তাপ, গড় ক্যালরি।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কঠিন পদার্থের প্রসারণ

[Expansion of Solids]

১-১. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের প্রসারণ (Expansion of solid when heated) :

কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে সাধারণত উহার প্রসারণ হয়। তামা, লোহা, পিতল ইত্যাদি ধাতব পদার্থে এই প্রসারণ খুব উল্লেখযোগ্য।

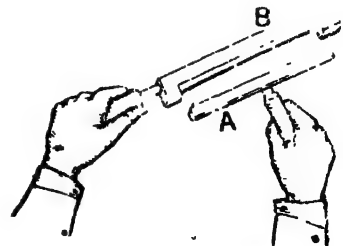
কঠিন পদার্থে এই প্রসারণ তিন রকমের হইতে পারে :

- (1) দৈর্ঘ্যে প্রসারণ ,
- (2) ক্ষেত্রফলে প্রসারণ ,
- (3) আয়তনে প্রসারণ।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সহজ পৰীক্ষা দ্বারা কঠিন পদার্থের বিভিন্ন প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

(1) দণ্ড ও গজ (Bar and Gauge) পরীক্ষা :

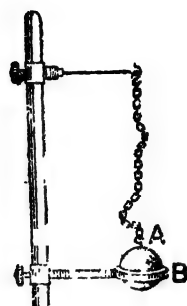
A একটি কঠোর তামাসহ লোহার দণ্ড। B একটি বায়ু নির্মিত খাজকাটা প্লেট বা গজ। A দণ্ডটি ঠাণ্ডা অবস্থায় B-এর কাঁকের মধ্যে ঠিক ঠিক স্থাপিত হয় (৩ক নং চিত্র)। এখন A দণ্ডকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা B-এর কাঁকের মধ্যে আর বসিতেছে না। 'খাবার ঠাণ্ডা করিলে ঠিক ঠিক কাঁকের মধ্যে বসিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে তাপ প্রদানের ফলে A-দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হইয়াছে।



দৈর্ঘ্য প্রসারণের পরীক্ষা
চিত্র ৩ক

(2) বল ও আঁটা পরীক্ষা :

A-একটি ফাঁপা পিতলের গোলাকার বল। ইহা ঠাণ্ডা অবস্থায় B-আঁটার ভিতর দিয়া ঠিক গলিয়া যাইতে পারে। এখন বলটিকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা আব আঁটাব ভিতর দিয়া গলিয়া যাইতেছে না, খানিকটা ঢুকিয়া আটকাইয়া যাইতেছে (3খ নং চিত্র)। এবার বলটিকে পূর্বেব ঠাণ্ডা অবস্থায় আনিলে ইহা আঁটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইবে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে তাপ পাইয়া বস্তুটির আয়তনেব প্রসারণ হইয়াছে।



আয়তন প্রসারণের পরীক্ষা
চিত্র 3খ

আয়তনের প্রসারণেব ফলে বলটির ক্ষেত্র-ফলের প্রসারণ হয়। অতএব ইহা বলা যাইতে পারে যে তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থেব ক্ষেত্রপ্রসারণ ঘটে।

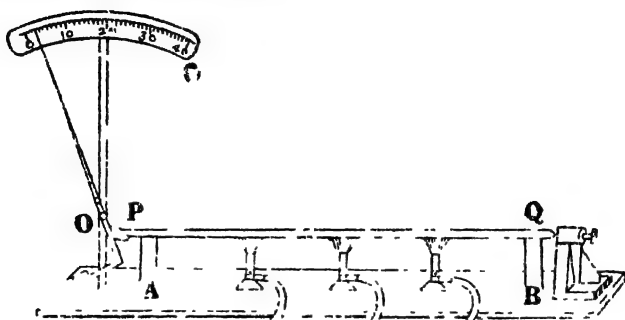
3-2. বিভিন্ন জবোয় প্রসারণ বিভিন্ন :

বিভিন্ন দ্রব্যে সমপ্রমাণ তাপ প্রয়োগ করিলে বিভিন্ন প্রসারণ ঘটে। নমুনা বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা সুন্দরভাবে বোঝা যায়।

(1) কাঁড়ালনের পরীক্ষা :

PQ একটি ধাতব দণ্ড A ও B স্থলদ্বয়ের উপর অক্ষভূমিক অবস্থায় রাখা আছে (3গ নং চিত্র)। দণ্ডেব Q প্রান্তে একটি ক্রুর সঞ্চে কোনো এবং সের্গদিকে প্রসারণেব কোন ভাবনা নাই। P প্রান্তে একটি সূচকেব সঞ্চে লাগানো। সূচকটি একটি খাড়া দণ্ডেব সঞ্চে O বিন্দুতে আঁটানো এবং সূচালো প্রান্তে একটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিতে পারে। Q প্রান্তেব ক্রুর সামনে বা পিছনে সরাইলে P-প্রান্তে সূচকে চাপ দিবে এবং তাৎক্ষণিক ফলে সূচকটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিবে। প্রথমে Q প্রান্তেব সূচকটি এমনভাবে রাখিতে হইবে যে P-প্রান্তেব চাপে সূচক স্কেলেব O-দাগেব সঙ্গিত মিলিয়া থাকে। তারপর বানার দ্বারা PQ-দণ্ডকে গরম করিলে দেখা যাইবে যে

সূচক স্কেল বাহিয়া আস্তে আস্তে ডানদিকে সরিয়া যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে PQ-দণ্ড উত্তপ্ত হওয়ায় P-প্রান্ত দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হইতেছে এবং ইহার ফলে সূচকের ঐরূপ গতি হইতেছে।



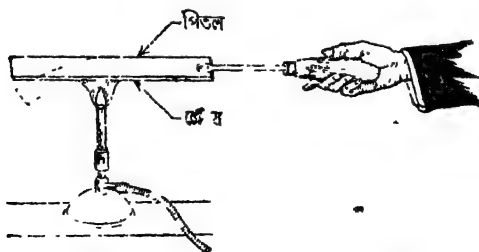
বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন

চিত্র 3গ

সমান দৈর্ঘ্যের বিভিন্ন পদার্থ দণ্ড লইয়া; উহাদের যদি সমতাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া উপলোকভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেলের বিভিন্ন দাগ পদার্থ বাহতেছে। অর্থাৎ, হহা প্রমাণ করে যে বিভিন্ন পদার্থ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ বিভিন্ন।

(2) দুই পাতের পাতের বক্রতা পরীক্ষা (Buckling of a bi-metallic strip) :

পিত্তল ও লোহার দুইটি পাত একসঙ্গে রিভেট (rivet) করিয়া



পিত্তল ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী

চিত্র 3ঘ

ছাট্‌কানো। ঠাণ্ডা অবস্থায় উহার সোজা থাকিবে। কিন্তু উহাকে গরম করিলে 3ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ বাকিয়া যাইবে। পিত্তল

ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ আলাদা বলিয়াই এরূপ বক্রতার সৃষ্টি হয়, কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ সমান হইলে পাতিটি সোজাই থাকিত।

তাহাড়া বক্রতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উপর পিঠে পিতল আছে। অর্থাৎ, পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী।

3-3. দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of linear expansion of solids) :

প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

[জটিল্য : প্রকৃতপক্ষে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সগুণ সংজ্ঞা বলিতে গেলে বলিতে হয় যে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে 1°C হইতে 1°C তাপমাত্রার দ্বিগুণ পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় তাহাকেই ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। কিন্তু প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 1°C তাপমাত্রা না রাখিয়া অল্প যে কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া পরে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে যে কত পাত্তা যায় তাহা প্রকৃত দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক হইতে বৃহৎ বেশী ভাৱে হয় না। তাহাড়া সর্বদা প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 1°C তাপমাত্রায় রাখিয়া পরিমাপ করা অন্তর্নিহিত। এই সকল কারণে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সঙ্গত প্রাথমিক তাপমাত্রা হিসাবে 1°C এর উল্লেখের প্রয়োজন করে না।]

পর্যায় $t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় কোন দণ্ডের দৈর্ঘ্য l_1 এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া $t_2^\circ\text{C}$ করিলে দৈর্ঘ্য হইল l_2 .

কাজেই, $(t_2 - t_1)^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দৈর্ঘ্য প্রসারণ $= l_2 - l_1$

সুতরাং " " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} = \frac{l_2 - l_1}{l_1}$$

অথবা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ

$$= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ককে α (অলফা) বলা হয়, তবে উহার সংজ্ঞাযায়ী

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } l_2 - l_1 = \alpha l_1 (t_2 - t_1)$$

$$\therefore l_2 = l_1 \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক দুইটি দৈর্ঘ্যের অস্থাপ্য হওয়ায় দৈর্ঘ্যের এককের উপর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ভর করে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে।

যেমন, লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 0.00012 বলিতে এই বুঝায় যে 1 cm. বা 1 ft. বা 1 yard লম্বা লোহা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে 0.00012 cm. বা 0.00012 ft. বা 0.00012 yard দৈর্ঘ্য বাড়িবে। কিন্তু যদি তাপমাত্রা ফারেনহাইট এককে বলা হয় তবে উহার মান আলাদা হইবে। যেহেতু $1^\circ\text{F} = \frac{5}{9}^\circ\text{C}$, 116°F লোহা দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক এই ক্ষেত্রে $0.00012 \times \frac{5}{9} = 0.000067$ হইবে।

কয়েকটি পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের তালিকা

পদার্থ	প্রতি ডিগ্রী সেন্টি:	প্রতি ডিগ্রী ফা:
পিত্তল	0.00019	0.00011
লোহা	0.00012	0.000067
ইস্পাত	0.00011	0.000061
তামা	0.00017	0.000097
জার্মান সিলিং	0.00018	0.0001
ইনডিয়াম	0.000003	0.000005
(নিপেক্ষ-ইস্পাত সংকব বস্তু)		

উদাহরণ :

(1) একটি তামার দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় 2 metres দীর্ঘ। উহাকে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পদার্থ 200.68 cms হয়। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কত ?

[A copper bar is 2 metres long at 0°C . If its temperature is raised to 200°C , its length becomes 200.68 cms . What is the co-efficient of linear expansion of copper ?]

উ। এখানে $l_1 = 2 \text{ metres} = 200 \text{ cms}$.

$l_2 = 200.68 \text{ cms}$.

$t_1 = 0^\circ\text{C}$

$t_2 = 200^\circ\text{C}$

হতরাং,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{200.68 - 200}{200(200 - 0)} = \frac{.68}{200 \times 200} \\ &= \frac{68}{4} \times 10^{-6} \\ &= 17 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

(2) একটি ধাতুদণ্ড 68°F তাপমাত্রায় 8 ft. দীর্ঘ। উহা 110°F করিলে কতখানি দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হইবে? (ধাতুর দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণক = 0.000094 প্রতি ডিগ্রী ফাঃ।)

[A metal bar is 8 ft. long at 68°F. How much expansion in length would take place at 110°F? α for the metal = 0.000094 per°F.]

উ। আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}}$$

$$\text{অতএব, } 0.000094 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{8(110 - 68)}$$

$$\begin{aligned}\text{অতএব, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= 0.000094 \times 8 \times 42 \\ &= 0.031584 \text{ ft.}\end{aligned}$$

(3) 59°F হইতে 100°C তাপমাত্রায় তামার একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য 5 mm. প্রসারিত হইবে। তামার প্রাথমিক দৈর্ঘ্য কত ছিল? দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণক = 0.000029 per °C.

[What must be the length of a rod of zinc at 59°F, if its length is to increase by 5 mm., when the temperature is raised to 100°C; α for zinc = 0.000029 per °C.]

[H. S. Exam., 1960]

উ। প্রথমে 59°F তাপমাত্রাকে সেন্টিগ্রেড স্কেলে রূপান্তরিত করিতে হইবে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{এখানে } F = 59, \text{ কাজেই } \frac{C}{5} = \frac{59 - 32}{9} = \frac{27}{9} = 3 \therefore C = 15^\circ$$

৩-৬. আয়তন প্রসারণ গুণক (Co-efficient of volume expansion) :

পদা ষাউক, t_1 °C তাপমাত্রায় কোন গোলকীয় (sphere) অবস্থতন V_1 এবং বসিত তাপমাত্রা t_2 °C-এ অবস্থতন V_2 .

অতএব, $(t_2 - t_1)^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে আয়তন প্রসাধন $= V_2 - V_1$

\therefore " " " " একক আয়তনে আয়তন প্রসারণ

$$= \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

$$\therefore 1^{\circ}\text{C} \quad " \quad " \quad " \quad " \quad = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$$

সংজ্ঞানুযায়ী $\therefore = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$ $\frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$

অথবা, $V_2 - V_1 = V_1(t_2 - t_1)$
 $V_2 = V_1\{1 + (t_2 - t_1)\}$

পূর্বের মত আয়তন প্রসারণ গুণক আয়তনের এককের উপর নির্ভর করবে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করবে। যেমন, লোহাব আয়তন প্রসারণ গুণক 000036 বলিতে ইহাই বুঝায় যে 1 c.c বা 1 c.ft বা 1 c.yd লোহাব গোলক 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যথাক্রমে 000036 c.c , বা 000036 c.ft বা 000036 c.yd বৃদ্ধি পাইবে। ফারেনহাইট তাপমাত্রায় ইহার মান $\frac{9}{5} \times 000036 = 00002$.

3-6. প্রসারণের তিন গুণকের সম্পর্ক (Relation between the three co-efficients of expansion) :

কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ গুণকগুলি সম্পর্কযুক্ত। নিম্নলিখিত উপায়ে এই সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

ধরা বাউক একটি প্লেটের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই 1 cm, সুতরাং উহার ক্ষেত্রফল 1 sq.cm.

এখন যদি উহার তাপমাত্রা 1°C ডিগ্রী বৃদ্ধি করা যায়, তবে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই বাড়িয়া $(1+\alpha)$ হইবে। [যদি ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণক α পরা হয়]

$$\begin{aligned}\therefore \text{এবং, এখন উহার ক্ষেত্রফল} &= (1+\alpha)^2 \\ &= 1+2\alpha+\alpha^2 \\ &= 1+2\alpha \quad [\alpha \text{ খুব ছোট বলিয়া } \alpha^2 \text{ কে} \\ &\quad \text{অগ্রাহ্য করা যায়}] \end{aligned}$$

প্লেটের পূর্বের ক্ষেত্রফল = 1 sq. cm.

$$\therefore \text{ক্ষেত্র প্রসারণ} = 2\alpha$$

কিন্তু যেহেতু প্রাথমিক ক্ষেত্রফল এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C , সুতরাং উক্ত ক্ষেত্র প্রসারণই সেই প্রসারণ গুণকের সমান। অর্থাৎ,

$$\beta = 2\alpha = 2 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক।}$$

যদি 1 cm. দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাসম্পন্ন ঘনক লওয়া যায় তাহা হইলে উহার আয়তন = 1 c.c.

উহার তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিলে, উহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটিই বা $(1+\alpha)$ হইবে।

$$\begin{aligned}\therefore \text{ঘনকটির বর্তমান আয়তন} &= (1+\alpha)^3 = 1+3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3 \\ &= 1+3\alpha \quad (\alpha^2 \text{ এবং } \alpha^3 \text{ উপেক্ষণীয়}) \end{aligned}$$

$$\text{ঘনকটির প্রাথমিক আয়তন} = 1 \text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং, আয়তন প্রসারণ} = 3\alpha$$

কিন্তু, যেহেতু প্রাথমিক আয়তন এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C লওয়া হইয়াছে সুতরাং উক্ত আয়তন প্রসারণই আয়তন প্রসারণ গুণকের সমান।

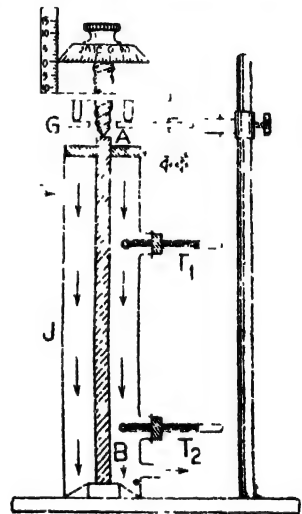
$$\begin{aligned}\text{অর্থাৎ,} \quad \gamma &= 3\alpha \\ &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}\end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং} \quad \alpha = \beta/2 = \gamma/3$$

3-7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of linear expansion of solid) :

পরীক্ষাগারে পুলিঙ্কারের যন্ত্র দ্বারা অতি সহজে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়। 3৬ নং চিত্রে ঐ যন্ত্রের ছবি দেখান হইল।

বিবরণ : J একটি খাতব চোঙ। ইহার ভিতর যে পদার্থের গুণক নির্ণয় করিতে হইবে উহার একটি দণ্ড AB ঢুকানো আছে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত B একটি কাচ বা মার্বেল প্লেটের উপর বস্কৃত। অর্থাৎ, দণ্ডটির নিম্নপ্রান্তে প্রসারণের কোন সুবিধা নাই। উপরের প্রান্তে একটি কর্কেব ফটা দিয়া একটু বাহির করা এবং ঐ দিকে প্রসারণের জায়গা আছে। কর্কেব দ্বারা চোঙের উপরে মূখ বন্ধ। চোঙের গায়ে উপরে ও নীচে দুইটি ছিদ্র আছে। উপর দিক ছিদ্র দিয়া ষ্টীম চোঙে প্রবেশ করিতে পারে এবং নীচের ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া বাইতে পারে। তা'ছাড়া চোঙে আব দুইটি ছিদ্র দিয়া T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো যায়। G একটি কাচের প্লেট বাহ্যিক মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। প্লেটের উপর একটি স্ফেরোমিটার এমনভাবে বসানো যায় যে ইহার মাঝখানের পা প্লেটের ছিদ্র দিয়া দণ্ডের উপর প্রান্ত স্পর্শ করিতে পারে।



পুলিঙ্কারের যন্ত্র

চিত্র 3৬

কার্যপ্রণালী :

প্রথমে AB দণ্ডটির দৈর্ঘ্য মাপিয়া লও (l)। সাধারণত এক মিটার লম্বা একটি দণ্ড লওয়া হয়। থার্মোমিটার দ্বারা প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ (t_1)। পরে দণ্ডটি J-চোঙের ভিতর বসাইয়া স্ফেরোমিটারের মাঝখানের পা দণ্ডের A প্রান্ত স্পর্শ করাও। স্ফেরোমিটারের পাঠ লও। অতঃপর স্ফেরোমিটার জু ঝুরাইয়া মাঝখানের পা বেশ খানিকট তুলিয়া রাখ যাতে AB দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইবার জায়গা পায়। এখন চোঙের ভিতর স্টীম পাঠাও। ক্রমশ T_1 এবং T_2 থার্মোমিটারের পারদ উর্ধ্বে উঠিতে থাকিবে। যখন পারদ স্থির

হইয়া পাড়াইবে তখন তাপমাত্রা (t_2) পাঠ কর। যদি দুই থার্মোমিটার সামান্য আলোচ্য তাপমাত্রা নির্দেশ করে তবে উহাদের গড় লইতে হইবে। এখন ফেরোমিটারের মাঝখানের পা আবার A প্রান্তের সঙ্গে স্পর্শ করাইয়া পাঠ লও। ফেরোমিটারের এই পাঠ হইতে আগের পাঠ বাদ দিলে দণ্ডটির কতখানি দৈর্ঘ্য প্রসারণ হইল তাহা পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক ইহা x ।

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{x}{l(t_2 - t_1)}$$

উপরোক্ত সমীকরণে ডানদিকের সব কিছু রাশি জানা থাকায় α সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

3-8. কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

ইঞ্জিনিয়ারী ও অত্যন্ত কারিগরি বিদ্যায় কঠিন পদার্থের প্রসারণের বহু ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনেও কঠিন পদার্থের প্রসারণ ও সংকোচনের আমবা নানারূপভাবে কাজে লাগাই। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা আমাদের কাজের সুবিধা করে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধার সৃষ্টি করে। নীচে ইহার সুবিধা ও অসুবিধার কথা আলোচনা করা হইল।

অসুবিধার কারণ :

(ক) রেলের লাইন পাতিবার সময় দুই লাইনের জোড়েব মুখে কিছু ফাঁক রাখিতে হয়। কারণ শুষকিরণে বা চাপের ঘষণে লোহা উত্তপ্ত হইলে দৈর্ঘ্যের



রেল লাইনের জোড়েব মুখে ফাঁক

চিত্র 3চ

প্রসারণ হয় এবং তাহাৎ জ্ঞতা ঐ জায়গা বাধা হয়। মুখে মুখে লাগাইয়া বাগিলে প্রসারণ-রূনিত বলের দরুন লাইন বাঁকিয়া যাওয়াব সম্ভাবনা থাকে।

লাইন দুইটির দু' পাশে একটি করিয়া লোহার পাত চারিটি বোর্ণের সাহায্যে সংযুক্ত রাখা হয়। এই পাতকে ফিসপ্রেট বলে (3চ নং চিত্রে)। বোর্ণের গর্তগুলি ডিম্বাকৃতি। ফলে, দৈর্ঘ্যের প্রসারণ ও সংকোচন হইলে রেল লাইন দৈর্ঘ্য বরাবর বাড়িতে বা কমিতে পারে।

কিন্তু ট্রাম লাইন পাতিবার সময় ঐরূপ ফাঁক রাখা হয় না। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালু রাখার জন্ত লাইনগুলি মুখে মুখে জোড়া লাগাইয়া রাখা হয় কিন্তু লাইনগুলি

খাটির ভিতরে গাঁথা থাকে এবং গ্রানাইট পাথর ও কংক্রীট দ্বারা বেষ্টিত থাকে, বলিয়া তাপমাত্রার পার্থক্যের প্রভাব খুব কম হয় এবং সেই কারণে বাকিতা পাবে না। রেল লাইন সম্পূর্ণ উন্মুক্ত থাকে বলিয়া প্রভাব খুব বেশী হয়।

উদাহরণ :

কিছু ফাঁক রাখিয়া টুকরা টুকরা ইস্পাতের লাইন দ্বারা একটি রেলপথ তৈয়ারী। প্রত্যেক টুকরার দৈর্ঘ্য 66 ft.। 10°C হইতে 67.3°C তাপ-মাত্রার ব্যবধানে লাইনগুলির মধ্যে কতটুকু ফাঁক বাখিতে হইবে?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 11 \times 10^{-6}$ প্রতি $^{\circ}\text{C}$]

[Railway lines are laid with gaps to allow for expansion. If each piece of rail is 66 ft long, how much gap is to be left for a temperature difference of 10°C to 67.3°C ? α for steel $= 11 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$]

উ। এখানে নির্ণয় কবিতা হইবে যে $(67.3 - 10) = 57.3^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য 66 ft. দীর্ঘ লাইনের কতটুকু প্রসারণ হয়। সুতরাং ঐটুকু ফাঁক বাখিলেই চলিবে।

সাময়িক জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=$ প্রাথমিক দৈর্ঘ্য \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\times \alpha$

$$= 66 \times 57.3 \times 11 \times 10^{-6} \text{ ft.}$$

$$= .041 \text{ ft.}$$

$$= .49 \text{ inch.}$$

অর্থাৎ, দুই লাইনের ভিতর প্রায় .5 inch ফাঁক বাখিতে হইবে।

(খ) লোহার সেতু তৈয়ারী করিবার সময় লোহার প্রসারণের কথা চিন্তা

করিয়া তাহার জন্য জায়গা রাখিতে

হয়। এইজন্য সেতুর উভয় প্রান্ত

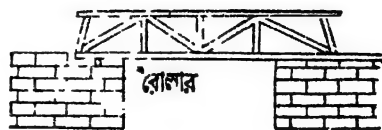
কংক্রীট ও ইটের গাঁথুনি দ্বারা

দৃঢ়ভাবে তৈয়ারী করা হয় না।

সেতুর এক প্রান্ত একটি চাকার

(roller) উপর রাখা হয় (৩ ছ' নং

চিত্র) যাহাতে উত্তপ্ত হইয়া লোহা ঐদিকে প্রসারিত হইতে পাবে।



সেতুর এক প্রান্ত বোলারের উপর থাকে

চিত্র ৩ছ

উদাহরণ :

যদি মনে করা যায় যে গ্রীষ্মে সর্বাধিক তাপমাত্রা 45°C এবং শীতে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা -15°C তবে 1700 ft. দীর্ঘ একটি ইম্পাতের সেতুর প্রসারণের জন্য কতটুকু জায়গা রাখিতে হইবে ?

$$[\text{ইম্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = '000012]$$

[Assuming that the highest summer temperature is 45°C and the lowest winter temperature is -15°C , what allowance must be made for expansion in one of the 1700 ft. steel span of a bridge ? α for steel = '000012]

$$\begin{aligned} \text{উ। আমবা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি} \times \text{গুণক} \\ &= 1700 \times [45 - (-15)] \times '000012 \\ &= 1700 \times 60 \times '000012 \\ &= 17 \times 6 \times '012 \\ &= 1'22 \text{ ft.} \end{aligned}$$

সুতরাং, প্রসারণের সুবিধার জন্য 1'22 ft. জায়গা রাখিতে হইবে।

(গ) যদি মোটা কাচের গ্লাসে গরম জল ঢালা যায় তবে গ্লাসটি ফাটিয়া যায়। এইরূপ হওয়ার কারণ এই যে কাচ খুব ভাল তাপ পরিবাহী নহে। ফলে গ্লাসের অভ্যন্তর উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু বাহিরের অংশ সম-পরিমাণ তাপ না পাওয়ার খুব কম প্রসারিত হয়। একই পাত্রের বাহির ও অভ্যন্তরের এই অসম প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহার জন্য পাত্রটি ফাটিয়া যায়। এই অসুবিধা মনে রাখিয়া কাচের পাত্র বা চিমনি প্রভৃতি জিনিস তৈয়ারী করার সময় বিশেষ যত্ন লইতে হয়।

(ঘ) চুল্লী (Furnace) তৈয়ারী করিবার সময় লোহার দণ্ড ইটের গাঁথুণীর ভিতর ঢুকাইয়া দিতে হয়। চুল্লীর প্রচণ্ড তাপে দণ্ডের যথেষ্ট প্রসারণ হয়। সুতরাং দণ্ডের একপ্রান্ত আলগা রাখিয়া প্রসারণের জায়গা করিয়া দিতে হয়। নতুবা প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহা ইটের গাঁথুণী ভাঙিয়া ফেলিতে পারে।

(ঙ) দূরত্ব মাপিবার জন্য কোন ধাতুনির্মিত স্কেল ব্যবহার করিলে প্রসারণ-জনিত ত্রুটির প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হইবে। যে তাপমাত্রায় স্কেল তৈয়ারী করা হয় শুধু সেই তাপমাত্রাতেই উহা ত্রুটিহীন। তাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে স্কেলের প্রত্যেক দাগের প্রসারণ বা সংকোচন হয়। ফলে ঐ স্কেল দ্বারা দূরত্ব নির্ভুল-

ভাবে মাপা চলে না। কিন্তু এই ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক জানা থাকিলে প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লওয়া চলে।

উদাহরণ :

একটি ইস্পাতের মিটার স্কেল 0°C তাপমাত্রায় ঠিকঠাক। এই স্কেল দ্বারা 15°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য মাপিলে কতটুকু ত্রুটি আসিবে ?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক = 000012]

[A metre scale made of steel is correct at 0°C . If it is used to measure distance at 15°C , what will be the error ?
 α for steel = 000012]

উ। 15°C তাপমাত্রায় স্কেলটির দৈর্ঘ্য প্যাবণ ঘটবে। সুতরাং তখন স্কেলটির দৈর্ঘ্য এক মিটারের বেশী হইবে। আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \text{গুণক} \\ &= 100 \times 15 \times 000012 \\ &= 018 \text{ cm.}\end{aligned}$$

[প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 1 metre = 100 cm.]

সুতরাং 15° সেন্টিগ্রেডে এই স্কেল দ্বারা ফোন দৈর্ঘ্য মাপিলে যাহা 1 metre অথবা 100 cm বলিয়া স্কেল দেখাইবে তাহা প্রকৃতপক্ষে 100.018 cm.

(৮) কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও সকল ধাতুর প্রসারণ সমান নয়। তাই কোন ধাতব তাবকে কাচের দণ্ডে সীল করিয়া আটকানো যায় না কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণের অসমতা ফলে, ধাতব তাবকে কাচের গায়ে বাক করিতে গেলে ফাট পড়িয়া যাইবে—বায়ুনিরুদ্ধ হইবে না। কিন্তু প্লাটিনামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণের প্রায় সমান বলিয়া প্লাটিনামের তাবের বেলাতে এই অসুবিধা নাই। এই কারণে কাচের দণ্ডে সহজেই প্লাটিনামের তাব সীল করিয়া আটকানো যায়।

সুবিধার কারণ :

(ক) বিভেট কবিতা দুইটি ধাতব প্লেট দৃঢ়ভাবে আটকানোর পদ্ধতির কথা তোমাদের অনেকের জানা আছে। যে দুইটি প্লেট জুড়িতে হইবে উহাদের পব পব বাখিয়া একটি ফুটা করা হয় এবং একটি বিভেট বা খিল গরম কবিতা এই ফুটাব ভিতর ঢুকানো হয়। পবে হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া বিভেটের মাথা প্লেটের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। বিভেট যখন ঠাণ্ডা হয় তখন উহা বৈদ্যুতিক সংকেতন হয় এবং উহা ফলে প্লেট দুইটিকে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে।

(খ) লৌহদণ্ডের প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করিয়া যে সমস্ত বাড়ীতে দেওয়াল বাহিরের দিকে থাকিয়া গিয়াছে তাহাদের সোজা করা হয়। দেওয়ালের মধ্য দিয়া কতকগুলি লৌহদণ্ড ঢুকাইয়া পাত ও জুন্ন সাহায্যে শক্ত করিয়া আটকাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর দণ্ডগুলিকে উষ্ণ করিয়া জু আবো জোরে আঁটিয়া দেওয়া হয়। দণ্ডগুলি পবে যখন ঠাণ্ডা হয় তখন দৈর্ঘ্যে সংকুচিত হয় এবং উহাব দকন যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা দেওয়ালকে টানিয়া সোজা কবে।

(গ) গাড়ীর চাকায় লোহাব বেড পবাইবাব সময় লোহাব প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ কবা হয়। বেডের ব্যাস চাকাব ব্যাস অপেক্ষা কিছু ছোট থাকে। বেডকে উষ্ণ করিলে প্রসারিত হইয়া চাকাব গায়ে ঠিক ঠিক আঁটিয়া যায়। পবে জল ঢালিয়া বেডকে ঠাণ্ডা করিলে উহাব সংকোচন হয় এবং বেড চাকাব গায়ে দঢ়ভাবে আটকাইয়া যায়।

উদাহরণ :

15°C তাপমাত্রায় একটি লোহাব বেডের ব্যাস 99.8 cm, কত তাপমাত্রায় 100 cm ব্যাসযুক্ত একটি চাকায় এই বেড পবানো যাইবে ?

$$[\text{গুণক} = 12 \times 10^{-5}]$$

[The diameter of an iron tyre is 99.8 cm. At what temperature will it fit on a wheel whose diameter is 100 cm? ($\alpha = 12 \times 10^{-5}$)]

উ। বেডের পরিধির দৈর্ঘ্য = $(\pi \times 99.8)$ cm

চাকাব পরিধির দৈর্ঘ্য = $(\pi \times 100)$ cm

$$\begin{aligned} \text{অতঃপর চাকায় পবাইতে গেলে বেডের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য প্রসারণ} \\ = \pi \{100 - 99.8\} \\ = \pi \times 0.2 \text{ cm.} \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} = \text{প্রারম্ভিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \text{গুণক}$$

$$\text{অতঃপর, } \pi \times 0.2 = 99.8\pi \times (t - 15) \times 12 \times 10^{-5}$$

$$\therefore t - 15 = \frac{0.2}{99.8 \times 12 \times 10^{-5}}$$

$$= 167 \text{ (প্রায়)}$$

$$\therefore t = 182^\circ\text{C}$$

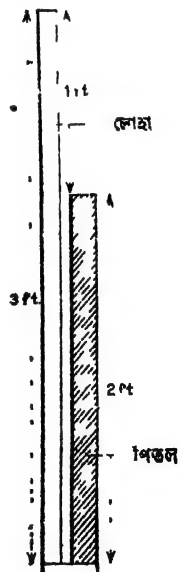
অর্থাৎ, 182°C তাপমাত্রায় বেডকে উত্তপ্ত করিলে এই চাকায় পবানো যাইবে।

(গ) যদি শিশিতে কাচের ছিপি খুব জোরে আঁটয়া যায় তবে শিশির মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি খুলিয়া আসে। কাচের শিশির মুখ উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ ভাল তাপ পবিত্বরণ করে না বলিয়া ছিপি উত্তপ্ত হইতে পাবে না এবং উহাৰ প্রসাৰণও হয় না। সুতবাং ছিপি আলগা হইয়া যায়।

3-9. প্রতিবিহিত দোলক (Compensated Pendulum) :

দেওয়াল ঘড়িতে ঘণ্টার কাঁটা বা মিনিটের কাঁটা দোলকের (Pendulum) দোলনের (oscillation) জন্ত চলে এবং উহাৰ ফলে ঘড়ি সময় নির্দেশ করে। এই দোলক একটি খাত্ত দণ্ডের সাহায্যে ঝুলানো। শীত বা গ্রীষ্মে তাপমাত্রাৰ পবিত্বৰ্তনের জন্ত দোলকের খাত্তদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়। দৈর্ঘ্যের উপর দোলকের একবার পূর্ণ দোলনের সময় নির্ভব করে। সুতবাং, দৈর্ঘ্যের পবিত্বৰ্তন হইলে দোলকের দোলনকালেবও (period) পবিত্বৰ্তন হইবে। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রাৰ বৃদ্ধি সঙ্গে দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি হয়। এই কাৰণে দোলকের দোলনের সময়ও বন্ধি পায় ও ঘড়ি ধীরে (slow) চলে। আবার শীতকালে তাপমাত্রাৰ বন্ধি সাহায্যে দৈর্ঘ্য সংকোচন হয় এবং তাহাৰ দরুন দোলকের দোলনের সময় হ্রাস পায় ও ঘড়ি দ্রুত (fast) চলে। সাহায্যে ঘড়িৰ সময়ের এইরূপ পাবিত্বৰ্তন না হয় অর্থাৎ তাপমাত্রাৰ পবিত্বৰ্তনে দোলকের কাৰ্যকর (effective) দৈর্ঘ্যের কোন প্রসাৰণ বা সংকোচন না হয় তাহাৰ প্রতিবিধান করা উচিত। এইরূপ কাৰ্যকর দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে।

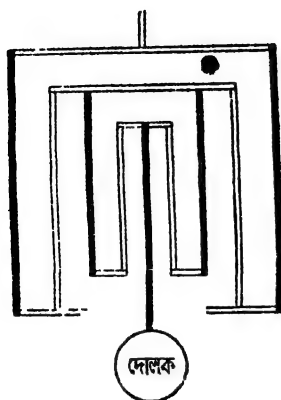
দৈর্ঘ্যপ্রসাৰণ গুণাঙ্ক তালিকা লক্ষ্য কাঁবে দেখা যাইবে যে পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসাৰণ গুণাঙ্ক লোহা অপেক্ষা প্রায় $1\frac{1}{2}$ গুণ। সুতবাং 1 ft. দীর্ঘ পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসাৰণ $1\frac{1}{2}$ ft. দীর্ঘ লোহাৰ দণ্ডের প্রসাৰণের সমান হইবে। অথবা 2 ft. দীর্ঘ পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসাৰণ 3 ft. দীর্ঘ লোহাৰ দণ্ডের প্রসাৰণের সমান হইবে। অতএব, একটি 3 ft. লোহাৰ দণ্ড এবং একটি 2 ft. পিতলের দণ্ড পাশাপাশি কাপিয়া উহাদের একপ্রান্ত বিভেট কাঁবিয়া সংযুক্ত কাঁবিলে অপর প্রান্তদ্বয়ের ঐক্যবর্তী দুবহু সর্দনা



চিত্র 3জ (1)

1 ft. থাকিবে—তাপমাত্রা পবিত্বৰ্তন সাহায্য হউক না কেন [চিত্র 3জ (1)]

ইহাই প্রতিবিহিত দোলকের মূলনীতি; কারণ প্রতিবিহিত দোলকে বিলম্ব বিন্দু (point of suspension) হইতে পিণ্ডের (bob) ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব সর্বদা স্থির রাখিতে হইবে। এই দূরত্বকে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য বলে।



Harrison-এব দোলক
চিত্র 3৩

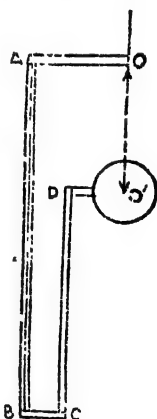
Harrison-এর Grid-iron

দোলক: ইহা একটি প্রতিবিহিত দোলক। 3৩ নং চিত্রে এই দোলকেব ছবি দেখানো হইল। এই ব্যবস্থায় বিভিন্ন ধাতু ব কয়েকটি দণ্ডেব সাহায্যে দোলক এমনভাবে ঝুলানো থাকে যে কয়েকটি দণ্ড নীচের দিকে প্রসারিত হইয়া দোলককে নামাইবার চেষ্টা করে, আবার অন্য কয়েকটি দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইয়া দোলককে সমানভাবে উপরের দিকে উঠাইবার চেষ্টা করে। ফলে

দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য ঠিক থাকে। 3৩ নং চিত্রে কালো লাইনের দণ্ডগুলি লোহার তৈয়ারী এবং তলাব দিকে প্রসারিত হইতে পারে, আর সাদা লাইনের দণ্ডগুলি তামার তৈয়ারী এবং উপরের দিকে প্রসারিত হইতে পারে।

ধরা যাউক, AB-দণ্ডটি লোহার ও CD দণ্ডটি তামাব (3৩ নং চিত্র)। ইহাদা এমনভাবে যুক্ত যে AB-দণ্ড তলাব দিকে ও CD দণ্ড উপর দিকে সমানভাবে প্রসারিত হইয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য OO'কে অপরিবর্তিত রাখে। যদি AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় l_1 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক α_1 হয় তবে $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার নিম্নদিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=l_1 \alpha_1 t$ ।

তেমনি CD দণ্ডেব দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় যদি l_2 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক α_2 হয় তবে চিত্র 3৩ উক্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার উপরের দিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=l_2 \alpha_2 t$ ।



যেহেতু, দুই প্রসারণ সমান, অতএব

$$l_1 \alpha_1 t = l_2 \alpha_2 t$$

অথবা, $\frac{l_1}{l_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$

অর্থাৎ, $\frac{\text{লোহার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}}{\text{তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}} = \frac{\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}{\text{লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}$

এখন হারিসনের দোলক লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে তাহাতে মোট পাঁচটি লোহার দণ্ড এবং চারটি তামাব দণ্ড আছে। মাঝখানের লোহাব দণ্ড হইতে পিণ্ডটি ঝুলানো এবং উহার দুই পাশে দুইটি করিয়া লোহার ও তামার দণ্ড আছে। এক্ষেত্রে কায়কর দৈর্ঘ্য প্রসারণের কথা চিন্তা করিলে সহজেই বোঝা যায় যে তিনটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ দুইটি তামার দণ্ডের মোট প্রসারণের সমান হইবে। যদি প্রত্যেকটি লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_1 এবং তামাব দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_2 ধরা হয় তবে, আমবা সিদ্ধিতে পারি যে,

$$3l_1 \alpha_1 t = 2l_2 \alpha_2 t$$

$$\therefore \frac{l_1}{l_2} = \frac{2\alpha_2}{3\alpha_1}$$

Invar নামক একপ্রকার শংকব (নিকেল ও ইম্পাতের) ধাতু 'পারিকোণের পর দোলক প্রতিবিহিত কবিবার সমস্তা অনেক সহজ হইয়াছে। Invar-এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 0000009—অর্থাৎ অতি সামান্য। সুতরাং Invar নির্মিত দোলকেব দৈর্ঘ্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে প্রায় অপরিবর্তিত থাকিবে।

উদাহরণ :

(1) পিতল ও ইম্পাতের দুইটি দণ্ড পাশাপাশি রাখিয়া উহাদেব এক প্রান্তে দৃঢ়ভাবে যুক্ত করা হইল। অন্য প্রান্তে দুইটি প্রসারণক্ষম। ইম্পাতদণ্ডটি 2 metres লম্বা। যে-কোন তাপমাত্রাভেদে দণ্ড দুইটির মূলপ্রান্তদ্বয়ের অন্তর্বর্তী দূরত্ব সর্বদা স্থির থাকিলে পিতল দণ্ডের দৈর্ঘ্য কত হইবে? পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$ এবং ইম্পাতের $= 1.2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$.

[Two bars of steel and brass, standing side by side, have one end rigidly fixed to each other. The other ends are free to expand. The steel bar is 2 metres long. What should be the length of the brass bar so that the distance between the free ends of the bars remains the same at all temperatures, α for brass $= 2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$ and α for steel $= 1.2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$]

উ। সকল তাপমাত্রাভেদে দণ্ড দুইটির মুক্ত প্রান্তবিন্দুর অন্তর্বর্তী দূরত্ব সর্বদা স্থির থাকিতে গেলে দণ্ড দুইটির প্রসারণ সর্বদা সমান হইতে হইবে। মনে কর, কোন এক সময় তাপমাত্রা ভেদ হইল $t^{\circ}\text{C}$

$$\text{এক্ষেত্রে, ইস্পাতদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ} = 2 \times 100 \times 1.2 \times 10^{-5} \times t \text{ cm.}$$

$$\text{এবং পিতল দণ্ডের ,, ,,} = l \times 2 \times 10^{-5} \times t \text{ cm.}$$

$$[l = \text{পিতল দণ্ডের দৈর্ঘ্য}]$$

$$\text{অতএব, } 2l \times 10^{-5} \times t = 2 \times 100 \times 1.2 \times 10^{-5} \times t$$

$$\text{অথবা, } 2l = 200 \times 1.2$$

$$= 240$$

$$\therefore l = 120 \text{ cm.}$$

(2) একটি প্রতিবিহিত দোলক তিনটি লোহার ও দুইটি পিতলের দণ্ড দ্বারা তৈয়ারী। প্রত্যেক লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য 100 cm. ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000012. পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000019 হইলে, পিতলের দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য কত ?

[A compensated pendulum has 3 iron rods and 2 brass rods. Each iron rod is on average, 100 cm. long and its co-efficient of expansion is '000012. If the co-efficient of expansion of brass be '000019, what is the average length of each brass rod ?]

উ। এখানে দুইটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ = একটি পিতলের দণ্ডের মোট প্রসারণ।

এখন $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রাভেদে দুইটি লৌহদণ্ডের মোট প্রসারণ

$$= 2 \times 100 \times '000012 \times t$$

এবং $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রাভেদে একটি পিতল দণ্ডের মোট প্রসারণ,

$$= l \times '000019 \times t$$

$$[l = \text{প্রত্যেক পিতলদণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য}]$$

$$\text{সুতরাং, } 2 \times 100 \times '000012 \times t = l \times '000019 \times t$$

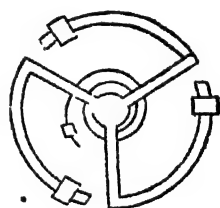
অথবা,

$$l = \frac{2 \times 100 \times '000012}{'000019} = 126.3 \text{ cm}$$

8-10. ঘড়ির প্রতিবিহিত চক্র (Compensated balance wheel of a watch) :

সাধারণত পকেট ঘড়ি বা হাত ঘড়িতে সময় নির্দেশের জন্য একটি চক্র থাকে। এই চক্রের ব্যাসার্ধের উপর ঘড়ির সময় নির্দেশ নির্ভর করে। ব্যাসার্ধ বাড়িয়া গেলে ঘড়ি আস্তে চলে ; আবার ব্যাসার্ধ কমিয়া গেলে ঘড়ি দ্রুত চলে। সুতরাং এই ধরনের চক্রে ব্যাসার্ধ ঠিক রাখিতে গেলে যে উপায় অবলম্বন করা হয় উহাকে প্রতিবিহিত চক্র বলে।

এই প্রতিবিহিত চক্রে (3এ নং চিত্র) পূর্ণ চক্রটি তিন ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি ভাগ দুইটি ভিন্ন ধাতব পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহাব বাহিরের দিকে যে পাত তাহা সাধারণত বেশী প্রসারণশীল। ঘড়িতে বাহিরের পাত পিতল ও ভিতরের পাত মরিচাবিহীন (stainless) ইস্পাতের। প্রত্যেকটি অংশের একপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত যুক্ত এবং অপব প্রান্তে একটি ভাবী দ্রুত ঘোঁরা থাকে। তাপ পাইয়া প্রত্যেকটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় এবং চক্রের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পাইতে চায় এবং ক্রমে কেন্দ্র হইতে দূরে সরাইতে চায়। ইস্পাত পিতল অপেক্ষা কম প্রসারণশীল বলিয়া চক্রেব গোলাকার অংশ আরো বেশী ঝাঁকিয়া যায়। ফলে ক্রমে কেন্দ্রের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। এই প্রসারণগুলি সমান করার জন্য ক্রুগুলি চক্র-কেন্দ্র হইতে সমান দূরে থাকে এবং সেই কারণে চক্রেব দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকে।



চিত্র 3এ

8-11. ফাঁপা পাত্রের আয়তন প্রসারণ (Volume expansion of a hollow vessel) :

একটি ফাঁপা পাত্র একটি সম-আয়তন ও সম-উপাদানে তৈয়্যারী নিবেট (solid) পাত্রের মত সমান আয়তনে প্রসারিত হইবে। একটি আয়তাকার পাতব ব্লক এবং সমান দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাবিশিষ্ট এবং ঐ ধাতব পাত্রের তৈয়্যারী একটি আয়তাকার ফাঁপা বাক্স লইয়া যদি সমভাবে উত্তপ্ত করা যায় তবে উভয়েরই দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতার সমান প্রসারণ হইবে। সুতরাং উভয়ের আয়তনও সমান থাকিবে। কাজেই, নিবেট পাত্রের বেলাতে ধাতুর আয়তন প্রসারণ গুণক এবং পূর্বোক্ত প্রসারণ সংক্রান্ত সমীকরণ যে-ভাবে ব্যবহার করা হইয়াছে ফাঁপা পাত্রের বেলাতেও ঠিক একই রকমভাবে করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি পিতলের স্কেলের সাহায্যে 10°C তাপমাত্রায় একটি দস্তার দণ্ডের দৈর্ঘ্য মাপিয়া 1'0001 metres পাওয়া গেল। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ঐকটিহীন হইলে 10°C তাপমাত্রায় এবং 0°C তাপমাত্রায় দণ্ডটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য কত হইবে? দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 29×10^{-6} এবং পিতলের 19×10^{-6} .

[A zinc rod is measured by means of a brass scale correct at 0°C , and is found to be 1'0001 metres long at 10°C . What is the real length of the rod at 0°C and 10°C ? Co-efficient of linear expansion of zinc is 29×10^{-6} and of brass is 19×10^{-6} .

উ। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ঐকটিহীন হইলে, 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যে কিছু বাড়িবে।

সুতরাং 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের প্রকৃত দৈর্ঘ্য

$$= 1 (1 + 0'00019 \times 10) \text{ cm} = (1 + 0'00019) \text{ cm}.$$

কিন্তু স্কেলে উহা ১ cm. থাকিবে। অর্থাৎ স্কেলে যাহা 1 cm. দেখাইতেছে 10°C তাপমাত্রায় তাহা প্রকৃতপক্ষে $(1 + 0'00019)$ cm.

সুতরাং 10°C তাপমাত্রায় স্কেল যে দৈর্ঘ্য 1'0001 metres দেখাইতেছে তাহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য হইবে $= 1'0001 (1 + 0'00019) = 1'00029 \text{ m}$.

অর্থাৎ 10°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য $= 1'00029 \text{ m}$.

এখন, ধবা যাউক 0°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য। সুতরাং দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিবেচনা করিলে লেখা যাইতে পারে,

$$1'00029 = l_0 (1 + 0'00029 \times 10)$$

$$= l_0 (1 + 0'00029)$$

$$\therefore l_0 = \frac{1'00029}{1'00029} = 1 \text{ metre}.$$

(2) 35°F তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের রেল লাইন পাতা হইল। প্রত্যেকটি রেলের দৈর্ঘ্য 39 ft হইলে, প্রত্যেক পর পর দুইটি রেলের ভিতর কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে যদি উহারা 120°F তাপমাত্রায় টিকি স্পর্শ করে? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^{\circ}\text{C}$.

[If steel railroad rails are laid when the temperature is 35°F , how much gap must be left between each 39 ft. rail section and the next, if the rails should just touch when the temperature rises to 120°F ? Co-efficient of linear expansion of steel is 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$]

উ। আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

এই সম্পর্ক হইতে, $35^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9} \times 32$ এবং $120^{\circ}\text{F} = \frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$.

ধরি, দুইটি পরপর বেললাইনের ভিতর যে ফাঁক রাখিতে হইবে তাহা $= x$ ft.
ইহা সংজ্ঞাই বোঝায় যে $\frac{5}{9}$ হইতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া $\frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$ হইলে
প্রত্যেক রেলের দৈর্ঘ্য x ft. বৃদ্ধি পাইবে

আমরা জানি, দৈর্ঘ্য = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য \times গুণক \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$\text{অথবা, } x = 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \left(\frac{440}{9} - \frac{5}{9} \right)$$

$$= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \frac{425}{9} \text{ ft.}$$

$$= .0221 \text{ ft.}$$

$$= .2652 \text{ inch.}$$

(3) তাপমাত্রায় বৃদ্ধিত একটি পিতলের ব্লকে ($10'' \times 4'' \times 1''$) 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। ব্লকটির আয়তন বৃদ্ধি নির্ণয় কর।
পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 19 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$.

A rectangular block of brass ($10'' \times 4'' \times 1''$) at 0°C is heated to 700°C . Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of brass $= 19 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$.]

উ। 0°C তাপমাত্রায় ব্লকটির আয়তন V_0 ধরিলে,

$$V_0 = 10 \times 4 \times 1$$

$$= 40 \text{ cubic inches.}$$

$$\begin{aligned} \text{ব্লকের আয়তন প্রসারণ গুণক } \gamma &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} \\ &= 3 \times 19 \times 10^{-6} \\ &= 57 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

এখন, আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন \times গুণক \times তাপমাত্রাবৃদ্ধি

$$\Delta V = 40 \times 57 \times 10^{-6} \times (700 - 0)$$

$$= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times 700$$

$$= 1.596 \text{ cubic inches.}$$

সারসংক্ষেপ

তাপ প্রসারণে সকল কঠিন পদার্থের প্রসারণ হয়। এই প্রসারণ তিন প্রকারের হইতে পারে। যথা :

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, ক্ষেত্র প্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ।

বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times (t_2 - t_1)}$$

ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$\beta = \frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্র} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$$

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\gamma = \frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$$

পুলিঙ্কারের যন্ত্রদ্বারা পরীক্ষাগারে যে-কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

প্রতিবিহিত দোলক :—

তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের কোন পরিবর্তন ঘটাতে না হইতে পারে সেইরূপ ব্যবস্থায়ুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে। মিচুল সময় নির্দেশের জন্য ভাল ঘড়িতে উক্ত দোলক বা চক্র ব্যবহৃত হয়। শীতে বা গ্রীষ্মে উক্ত দোলক আপন হইতেই কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত রাখে। ইহার ফলে দোলক মিচুল সময় নির্দেশ করিতে পারে। গারিসনের Grid-iron দোলক একটি প্রতিবিহিত দোলক।

প্রশ্নাবলী

1. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কাকে বলে? ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে?

[What is co-efficient of linear expansion of a solid? Does it depend upon the unit of length or upon the unit of temperature?]

2. কঠিন পদার্থের প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভরশীল? একই কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের তিনতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid.' How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid.]
[H. S. Exam. 1960, 1962]

৪. ধরা নেটিমিটারে মাপিয়া লিডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে ০.০০০০১৮ হইলে ঐ গুণকের মান প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইট কত হইবে যদি দৈর্ঘ্য গজে

the co-efficient of linear expansion of brass be 0.000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yard?]

[H S Exam., 1962] Ans. 0.00001]

৫. বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন ভাষা কয়েকটি পবীকা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[Explain by means of suitable experiments, that different substances expand differently in length.]

৬ নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে আঁটা ছাপা আলগা হয় কেন?

(খ) বেললাইন পাতার সময় প্রত্যেক দুই টুকরা লাইনের মাঝে ষাটিকটা ঝাঁক থাকে কেন?

(গ) লোহের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক ০০০০১২ বলিতে কি বোঝ?

(ঘ) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর পাত শক্তভাবে জোড়া লাগাইয়া উত্তপ্ত করিলে ষাটিকটা থাকে কেন?

(ঙ) ষাটিকমিত্র খেল বিভিন্ন তাপমাত্রায় নিখুঁতভাবে দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে পারে কি?

(চ) প্লাটিনাম তার সহজে কাচের দণ্ডে সীল করা যায় কিন্তু তামার তার করা যায় না কেন?

[Answer the following questions carefully :—

(a) Why does a tight stopper become loose when hot water is poured on the neck of the bottle?

(b) Why is a small gap left between successive rails while laying the railway lines?

(c) What do you mean by saying that the co-efficient of linear expansion of iron is 000012?

(d) Why does a composite strip made of two different metals buckle when heated?

(e) Can a metal scale measure distances accurately at different temperatures?

(f) A platinum wire can be easily fused into a glass rod but not a copper wire; why?

৬. গ্যাস সকল কঠিন পদার্থ তাপ পাইয়া দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে এই প্রসারণ কাজের পক্ষে অবিধাজনক; আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অঅবিধাজনক। উদাহরণ দিয়া ইহার সত্যতা প্রমাণ কর।

[Most solids expand when heated ; in some cases the expansion can be made to serve useful purposes while in other, it is a nuisance for which allowance has to be made. Give examples of each.]

৭. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয়ের কোন পদ্ধতি সম্বন্ধে বর্ণনা কর।

[Describe in detail, a method for determining the co-efficient of linear expansion of a solid.]

✓ ৮. একটি লোহার পাইপ 0°C তাপমাত্রায় ৬০ ft দীর্ঘ। 100°C তাপমাত্রায় উহা দৈর্ঘ্য কত হইবে? লোহা $\alpha = .000012$

[An iron pipe is 60 ft long at 0°C . What would be its length at 100°C ? α for iron = .000012] [Ans. 60.072 ft.]

✗ ৯. ২৪০ cm দীর্ঘ একটি ধাতব দণ্ডের তাপমাত্রা 0°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করিলে উহা ২.৭৫ mm দৈর্ঘ্যে প্রসারণ হয়। ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[The temperature of a metal rod, 280 cm. long, is increased from 0°C to 100°C and the expansion in length of the rod was 2.75 mm. Calculate the co-efficient of linear expansion of the metal.] [Ans. 119×10^{-6}]

১০. একটি লৌহদণ্ড ও একটি দস্তা দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে ২৫.৫৫ এবং ২৫.৫ cm দীর্ঘ। কত তাপমাত্রায় উহাদের দৈর্ঘ্য ঠিক সমান হইবে? লোহা $\alpha = .00001$ এবং দস্তা $\alpha = .00008$ প্রতি $^{\circ}\text{C}$.

[An iron rod and a zinc rod are respectively 25.55 cm. and 25.5 cm. long at 0°C . At what temperature will they be exactly equal in length ? α for iron = .00001 and α for zinc = .00008 per $^{\circ}\text{C}$.] [Ans. 96°C]

১১. কোন কঠিন পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের তিনগুণ, ইহা প্রমাণ কর।

[Prove that for a solid, the co-efficient of cubical expansion is three times and, the co-efficient of surface expansion twice that of linear expansion.]

১২. আয়তন প্রসারণ গুণকে বোঝা লেখ। এক্ষণে তামাকে কঠিন অবস্থায় রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে উহা ঘনত্বের কি পরিবর্তন হইবে?

নিম্ন তাপমাত্রায় কোন বস্তুর আয়তন সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় ঐ বস্তু আরও অনেক আয়তন সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত একটি আয়তাকার তাম্রদণ্ডকে $(8'' \times 5'' \times 1'')$ 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। তাম্রদণ্ডটির আয়তনবৃদ্ধি নির্ণয় কর। (তাম্রের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক = 0.16×10^{-4} প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড)।

[Define co-efficient of cubical expansion. If a block of copper be heated in the solid state, how will its density be affected ?]

[Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and at a lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 800°C . Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of copper $= 0.16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade.) [H. S. (Comp.) 1961]

[Ans. 1.586 cubic inches]

১৪. ৪০ ft দীর্ঘ টুকরা টুকরা লোহা বেল বাবা লাইন কবিত্তে হইবে। তাপমাত্রার ব্যবধান 50°C হইলে উহাদের প্রত্যেক দুই টুকরার ভিতর কতটা ফাঁক থাকিতে হইবে? লোহা $\alpha = 0.00012$ প্রতি $^\circ\text{C}$.

[A railway line is to be constructed by iron rails, each of which is 80 ft. long. If the temperature difference is 50°C , what gap must be left between each two pieces? α for iron $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$] (Ans. 0.216 inch)

১৫. এলাহাবাদ হইতে দিল্লী দূরত্ব ৪৯০ মাইল। শীত ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পরিবর্তন যদি 80°F হইতে 117°F হয় তবে উক্ত রেলপথ বেল কতটুকু ফাঁক থাকিতে হইবে? লোহা বৈদ্য প্রসারণ গুণক $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$.

[The distance between Allahabad and Delhi is 890 miles. Find the total space that must be left between the rails to allow for a change of temperature from 80°F in winter to 117°F in summer. Co-efficient of linear expansion of iron $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$.] (Ans. 0.2084 miles.)

১৬. গন্ধক বৈদ্য প্রসারণ গুণক 0.000228 প্রতি $^\circ\text{C}$; এক ঘন গন্ধক 0°C তাপমাত্রায় ৪৪ c.c. জল অপসারণ করে। 85°C তাপমাত্রায় উক্ত কত জল অপসারণ করিবে?

[The coefficient of cubical expansion of sulphur is 0.000228 per $^\circ\text{C}$. A piece of sulphur is found to displace 44 c.c. of water at 0°C ; what volume of water will it displace at 85°C .] [Ans. 48.87 c. c.]

১৭. একটি চাকার ব্যাসার্ধ ৪ ft.; একটি লোহা বেল 50°C তাপমাত্রায় ২.৯৯২ ft. ব্যাস দৃষ্ট। তাপমাত্রা কত হইলে এই বেল চাকার গায়ে পরানো যাইবে? লোহা $\alpha = 12 \times 10^{-6}$.

[The radius of a wheel is 8 ft, and that of an iron tyre is 2.992 ft. at 0°C . At what temperature will the tyre fit exactly on the wheel? α for iron $= 12 \times 10^{-6}$.] [Ans. 228°C]

১৮. একটি বেললাইন ৪০ ft. লম্বা টুকরা টুকরা লোহা বাবা লাইন বাবা তৈয়ারী। 90°F তাপমাত্রায় লাইনগুলি ঠিক নুখে নুখে লাগিয়া যায়। হিমাক তাপমাত্রায় প্রত্যেক দুইটি টুকরার ভিতর কতখানি ফাঁক থাকিবে?

[A railway line is made of iron rails, each of which is 80 ft. long. The rails touch each other at 90°F . How much gap will be left between each pair at a temperature corresponding to freezing point?] (Ans. 0.14 inch)

১৯. একটি ইস্পাত নির্মিত স্টেল 15°C তাপমাত্রায় ক্রটিবিহীন। 80°C তাপমাত্রায় উক্ত স্টেল-বাবা কোন দূরত্ব লাগিয়া দেখা গেল ২০০০ ft. এই দূরত্ব নির্ণয়ে কতটুকু ক্রটি হইল? ইস্পাতের বৈদ্য প্রসারণ গুণক $= 0.00011$.

[A scale, made of steel, is correct at 15°C. A certain distance measured with this scale at 80°C is found to be 2000 ft. Find the error in the measurement. α for steel = 0.00011] [Ans. 0.88 ft. less.]

19. তাপমাত্রাভেদ বাতাই হউক না কেন দুইটি দণ্ড A এবং B-এর দৈর্ঘ্যের পার্থক্য সমান 25 cm ; যদি উভয়েই দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক যথাক্রমে 1.28×10^{-5} এবং 1.92×10^{-5} per °C হয় তবে 0°C তাপমাত্রায় A এবং B এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[Two metal bars, A and B, differ in length by 25 cm. whatever might be the change in temperature. If their co-efficients of linear expansion are 1.28×10^{-5} and 1.92×10^{-5} per °C respectively. calculate the lengths of A and B at 0°C.] [Ans. 75 cm. , 50 cm.]

20. প্রতিবিহিত দোলক কাকে বলে ? তোমার জানা কোন প্রতিবিহিত দোলকের বর্ণনা কর।

[What is a compensated pendulum ? Describe a compensated pendulum that you know.]

21. সমান সাইজের এবং একই উপাদানের তৈরীকৃত একটি ঠোঁট পাত্র এবং একটি নির্দিষ্ট পাত্রের আয়তন প্রসারণ কি সমান হইবে ?

[Will the volume expansion of a hollow vessel and a solid vessel made of same material and of same size be equal ?]

[Objective type Questions]

22. নিম্নলিখিত প্রসঙ্গগুলির মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' বলিয়া মনে কর তাহার পাশের ক্ষেত্রে Y এবং যেটির উত্তর 'না' মনে কর তাহার স্থলে N লেখ :—

- (i) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করে ?—
- (ii) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে ? —
- (iii) পদার্থের প্রসারণ কি সর্বদাই সুবিধাজনক ? —
- (iv) দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচনে দড়ির সময় বাধা কি বিদ্যমান হয় বলিয়া মনে কর ? —

(v) এমন কোন দ্রব্য আছে কি যাহার প্রসারণ অতি নগণ্য ? —

(vi) কেত্র প্রসারণ গুণকের সর্বোচ্চ আয়তন প্রসারণ গুণকের কোন সম্বন্ধ আছে কি ?

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

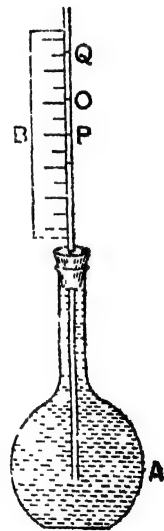
তরল ও গ্যাসের প্রসারণ

(Expansion of Liquids and Gases)

4-1. তরলের প্রসারণ (Expansion of liquids) :

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের মত তরল পদার্থেরও প্রসারণ হয়। কিন্তু তরলের প্রসারণ আলোচনা করিতে গেলে কয়েকটি কথা মনে রাখিতে হইবে। প্রথমত, তরলের নিজস্ব কোন আকার নাই। তরল পাত্রের আকার ধারণ করে। সুতরাং, ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। তরলের মাত্র আয়তন প্রসারণ হয়। দ্বিতীয়ত, তরলের প্রসারণ লক্ষ্য করিতে গেলে তরলকে কোন পাত্রে রাখিয়া উদ্ভূত করিতে হইবে। কিন্তু তাপ প্রয়োগে তরলের সঙ্গে সঙ্গে পাত্রেবও প্রসারণ হইবে। সুতরাং পাত্রের প্রসারণের পরিপ্রেক্ষিতে তরলের প্রসারণ বিচার করিতে হইবে। নিম্নে বর্ণিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা তরলের প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা : A একটি কাচের ফ্লাস্ক। ইহার গলায় সূচী ও লম্বা। ফ্লাস্কের ছিপি দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকানো আছে। একটি স্কেল B নলের সঙ্গে সংযুক্ত। ফ্লাস্কটি বঙ্গীয় জলে পূর্ণ কর এবং নলসহ ছিপি ঘাঁটিয়া দাও। মনে কর জলের তল O দাগ পর্যন্ত পৌছিল। এই ফ্লাস্কটিকে গরম জলে পূর্ণ অপব একটি পাত্রে বসাইলে দেখা যাইবে যে বঙ্গীয় জল P দাগ পর্যন্ত নামিয়া আসিল। পবে আস্তে আস্তে জলের তল Q দাগ পর্যন্ত পৌছিল (৪ক নং চিত্র)। এরূপ হইবার কারণ কি ?



তরলের প্রসারণ
পরীক্ষা

চিত্র 4ক

গরম জলে ফ্লাস্ক বসাইলে প্রথমে কাচ উদ্ভূত হইয়া প্রসারিত হয়। কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবাহী নয় বলিয়া ফ্লাস্কের ভিতবস্থ জল ঐ তাপ তৎক্ষণাৎ পায় না। সুতরাং কাচের প্রসারণের কালে যে আয়তনের বৃদ্ধি হইল জল তাহা অধিকার করায় জলের তল খানিকটা নামিয়া P দাগ পর্যন্ত পৌছায়। কিন্তু

পরে যখন জল তাপ পায় তখন উহার আয়তনের প্রসারণ হয়। জলের আয়তন প্রসারণ কঠিন পদার্থ (এখানে কাচ) অপেক্ষা বেশী বলিয়া জল আস্তে আস্তে O দাগ ছাড়িয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

অতঃপর, জলের আয়তন প্রসারণ প্রকৃতপক্ষে P দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত এবং কাচের আয়তন প্রসারণ O হইতে P দাগ পর্যন্ত হইল। যদিও কাচ তাপের সুপরিবাহী নয় তবুও ফ্লাস্কের ভিতরের জলের তাপ পাইতে খুব বিশেষ দেরী হয় না এবং কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ খুব কম বলিয়া আমরা চোখে তরলের প্রসারণ O দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত দেখি।

উপরোক্ত কাৰণে O হইতে Q দাগ পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের আপাত (apparent) প্রসারণ এবং P হইতে Q পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের প্রকৃত (real) প্রসারণ।

যেহেতু নলটি সমবাসমূহ, স্তরায়, OP, PQ, এবং OQ আয়তনগুলি উহাদের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

4ক নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে $PQ = OQ + OP$

অর্থাৎ, তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

4-2. তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of apparent expansion of a liquid) :

0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে আয়তন হয় প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

ধরা যাক, কোন তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 । উহার তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ করিলে উহার আপাত (apparent) আয়তন ধরা যাক, V_t হইল। স্তরায়,

$t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ $= V_t - V_0$

অথবা, " " " প্রতি একক " " $= \frac{V_t - V_0}{V_0}$

1°C " " " " " " $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

ইহাকেই তরলের আপাত প্রসারণ গুণক বলা হয়। যদি এই গুণক γ' ধরা হয়, তবে,

$$\gamma' = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_0 = V_0 \gamma' t$$

$$\therefore V_t = V_0 \{1 + \gamma' t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে তরলের γ' কোন ধ্রুবক (constant) নহে। তরল যে-পাত্রে রাখা হইবে তাহার উপাদানের উপর γ' নির্ভর করে। উপরন্তু তাপমাত্রার এককের উপরও উহা নির্ভবশীল। সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কোন তরলের আপাত প্রসারণ গুণক যদি γ' হয় তবে ফারেনহাইট তাপমাত্রায় $\frac{5}{9} \gamma'$ হইবে।

প্রায় প্রত্যেক তরলেরই আয়তন প্রসারণ খুব কম। তাই প্রাথমিক তাপমাত্রা সর্বদা 0°C না রাখিয়া অত্র কোন তাপমাত্রা রাখিলে বিশেষ কিছু ভুল হয় না। অর্থাৎ $t_1^\circ\text{C}$ প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার আপাত আয়তন V_2 হইলে ($t_2 > t_1$) আমরা উপবোল্ল সমীকরণের সাহায্য লইয়া লিখিতে পারি যে,

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma' (t_2 - t_1)\}$$

4-3. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক (Co-efficient of real expansion of a liquid) :

0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলে।

ধরা যাউক, কিছু তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 । উহার তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ করাতে, ধরা যাউক, প্রকৃত আয়তন দাঁড়াইল V_t । সুতরাং,

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ} = V_t - V_0$$

$$\text{অথবা " " " " প্রতি একক আয়তনে " } = \frac{V_t - V_0}{V_0}$$

$$1^\circ\text{C " " " " " " " " " } = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

ইহাকেই তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলা হয়। যদি এই গুণক γ ধরা হয়, তবে

$$\gamma = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_0 = V_0 \gamma t$$

$$\therefore V_t = V_0 \{1 + \gamma t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, তরলের γ আধারের উপর নির্ভর করে না। কিন্তু তাপমাত্রার একক পরিবর্তন করিলে γ পরিবর্তিত হইবে। ফারেনহাইটে γ -র মান সেন্টিগ্রেডের মানের $\frac{5}{9}$ ভাগ।

আপাত প্রসারণের স্থায় প্রকৃত প্রসারণের বেলাতেও প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C -এর পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা লওয়া যাইতে পারে। যেমন, $t_1^\circ\text{C}$ প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার প্রকৃত আয়তন V_2 হইলে ($t_2 > t_1$) লেখা যাইতে পারে যে

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

4-4. আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ গুণকের পারস্পরিক সম্পর্ক
(Relation between the co-efficients of apparent and real expansion) :

ধর, γ' = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$\gamma' = \text{,, আপাত ,, ,,}$$

$$\gamma_0 = \text{পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণক।}$$

ধর 0°C তাপমাত্রায় O দাগ পর্যন্ত ক্লাস্কটির ভিতরকার আয়তন V_0 (4ক নং চিত্র)। সুতরাং, স্কেল ভিতরের জলের আয়তনও ঐ তাপমাত্রায় V_0 , ধরা যাউক, $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হইল। নলের প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) S হইলে,

$$\text{পাত্রের ভিতরকার আয়তন প্রসারণ} = OP \times S$$

$$\text{তরলের আপাত আয়তন প্রসারণ} = OQ \times S$$

$$\text{,, প্রকৃত ,, ,,} = PQ \times S$$

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

$$\gamma_0 = \frac{\text{পাত্রেব আয়তন প্রসারণ}}{\text{পাত্রেব প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OP \times S}{V_0 t}$$

$$\therefore \gamma' = \frac{\text{তরলের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OQ \times S}{V_0 t}$$

$$\therefore \gamma'' = \frac{\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{PQ \times S}{V_0 t}$$

$$\text{এখন } \gamma' + \gamma_0 = \frac{S}{V_0 t} \{OP + OQ\} = \frac{PQ \times S}{V_0 t}$$

অর্থাৎ তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রেব আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক।

উদাহরণ :

(1) লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমবাস্যযুক্ত বর্ণের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পাত্রেব সূঁচ আছে। তাপমাত্রা 100°C-এ বৃদ্ধি করিলে পাত্রেব সূঁচের দৈর্ঘ্য 16.5 mm বৃদ্ধি পায়। পাত্রেব প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 0.00182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে।

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C. When the temperature is raised to 100°C the thread of mercury is found to be 16.5 mm longer. If the coefficient of absolute expansion of mercury be 0.00182, calculate the coefficient of linear expansion of glass.] H. S. (Comp. 1960)

উ। এবং ষাঁউক রক্তের প্রস্থচ্ছেদ = ২ sq. cm

0°C তাপমাত্রায় পাত্রেব সূঁচের আয়তন V হইলে, $V_0 = 100 \times c.c$

পাত্রেব সূঁচের আয়তন বৃদ্ধি = 16.5 c.c

যদি γ' পারদের আপাত প্রসারণ গুণক হয় তবে আমরা জানি,
 আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন \times আপাত প্রসারণ গুণক \times তাপমাত্রাবৃদ্ধি
 অথবা, $1.65 \alpha = 100. \alpha \times \gamma' \times 100$

$$\therefore \gamma' = \frac{1.65}{10^4} = 1.65 \times 10^{-4}$$

এখন, আমাদের জানা আছে,

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক} + \text{পাত্রে প্রসারণ গুণক}$$

$$\text{সুতরাং } 1.82 \times 10^{-4} = 1.65 \times 10^{-4} + \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক}$$

$$\therefore \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক} = (1.82 - 1.65) \times 10^{-4}$$

$$= 0.17 \times 10^{-4}$$

$$\text{অতএব কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = \frac{0.17 \times 10^{-4}}{3}$$

$$= 5.6 \times 10^{-6}$$

(2) পারদের প্রসারণ গুণক নির্ণয়, একটি পাবদ থার্মোমিটারের কুণ্ডের আয়তন 1 c.c. এবং থার্মোমিটার নলের রফ্তের প্রস্থচ্ছেদ 0.001 sq. cm, 0°C তাপমাত্রায় কুণ্ডটি পারদপূর্ণ হইলে 100°C তাপমাত্রায় পারদ কোন্ দাগে পৌছাইবে নির্ণয় কর। কাচের প্রসারণ উপেক্ষণীয়।

[The coefficient of expansion of mercury is neglected. If the bulb of a mercury thermometer is 1 c.c. and the section of the bore of the tube 0.001 sq. cm, find the position of the mercury at 100°C , if it just fills the bulb at 0°C . Neglect the expansion of glass.]

উ। এক্ষেত্রে 1 c.c. পারদ আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া যে অতিরিক্ত আয়তন অধিকার করিবে তাহা

$$= \text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{গুণক} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}$$

$$= 1 \times \frac{1}{5550} \times 100 = \frac{2}{111} \text{ c.c.}$$

এই অতিরিক্ত আয়তনের পারদ থার্মোমিটারের রক্ত অধিকার করিবে।
 যদি ধরা যায় যে রক্তের x cm দৈর্ঘ্য অধিকার করিল তবে,

$$x \times \frac{1}{1000} = \frac{2}{111}$$

$$\therefore x = \frac{2000}{111} = 18.02 \text{ c.m. (প্রায়)}$$

সুতরাং কুণ্ড হইতে 18.02 cm. দূরে যে দাগ আছে পারদ সেই পর্যন্ত পৌছাইবে।

(3) একটি কাচের ফ্লাস্কেব আভ্যন্তরীণ আয়তনের $\frac{1}{3}$ পারদ দ্বারা পূর্ণ।
 কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক 27×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ এবং পারদের প্রকৃত
 প্রসারণ গুণক 180×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ হইলে প্রমাণ কর যে তাপমাত্রার
 পরিবর্তনে ফ্লাস্কের অভ্যন্তরস্থ বাকী অংশের আয়তনের কোন পরিবর্তন
 হইবে না।

[If a flask is made of glass of co-efficient of volume expansion equal to 27×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ and $\frac{1}{3}$ of its volume is occupied by mercury (co-efficient of absolute expansion = 180×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$) show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature.]

[H. S. Exam., 1963]

উ। নেনে কর, 0°C তাপমাত্রায় ফ্লাস্কেব আভ্যন্তরীণ আয়তন = V_0

অতএব, প্রশ্নানুযায়ী এ ,, ,, অভ্যন্তরস্থ পারদের আয়তন

$$= \frac{3V_0}{20}$$

সুতরাং 0°C তাপমাত্রায় ফ্লাস্কের বাকী অংশের আয়তন

$$= V_0 - \frac{3V_0}{20} = \frac{17V_0}{20}$$

ধব, তাপমাত্রা $t^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, ফ্লাস্কের আভ্যন্তরীণ আয়তন $V = V_0(1 + \gamma_g.t)$

$$= V_0(1 + 27 \times 10^{-6}.t)$$

$$= V_0 + 27 \times V_0 \times 10^{-6}.t.$$

$$\begin{aligned}
 \text{এবং এই তাপমাত্রায় পারদের আয়তন } V' &= \frac{3V_0}{20} (1 + \gamma t) \\
 &= \frac{3V_0}{20} (1 + 180 \times 10^{-6} \times t) \\
 &= \frac{3V_0}{20} + 27V_0 \times 10^{-6} \times t
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{এই তাপমাত্রায় বাকী অংশের আয়তন} = V - V' = V_0 - \frac{3V_0}{20} = \frac{17V_0}{20}$$

অতএব দেখা যাইতেছে যে তাপমাত্রার পরিবর্তনে ফ্লাস্কের বাকী অংশের আয়তন পরিবর্তন করিতেছে না।

[**উপস্থাপনা :** এ ক্ষেত্রে কাচ এবং পারদের আয়তন প্রসারণ গুণক দেখিযাই বলা যায় যে বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়; কারণ কাচের প্রসারণ গুণক পারদের প্রসারণ গুণকের $\frac{1}{20}$ এবং ফ্লাস্কের আয়তনের $\frac{3}{20}$ পারদ দ্বারা অধিকৃত। সুতরাং বাকী অংশের আয়তন সর্বদা অপরিবর্তিত থাকিবে।]

(4) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ডে 0.45 c.c. পারদ আছে। থার্মোমিটার নলের রক্তের প্রস্থচ্ছেদ কত হইলে প্রত্যেক দুইটি ডিগ্রী দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্ব 2 mm. হইবে? কাচ সাপেক্ষে পারদের আপাত প্রসারণ গুণক 1.55×10^{-4} .

[The bulb of a thermometer contains 0.45 c.c. of mercury. What must be the cross-section of the bore of the thermometer tube in order that the degree graduations be 2 mm. apart. Co-efficient of apparent expansion of mercury in glass is 1.55×10^{-4} .]

উ। ধর, রক্তের প্রস্থচ্ছেদ = x sq. mm. ; প্রত্যেক দুইটি ডিগ্রী দাগের দূরত্ব 2 mm. হইলে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পারদের আপাত প্রসারণ হইবে
 $= 2x$ cubic millimetre

এখন, 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির পারদের আপাত প্রসারণ

$$= 0.45 \times 1000 \times 1.55 \times 10^{-4} \text{ cubic mm.}$$

$$= 0.45 \times 0.155 \text{ cubic mm.} \quad [0.45 \text{ c.c.} = 0.45 \times 1000$$

$$\therefore 2x = 0.45 \times 0.155 \quad \text{cubic mm.}]$$

$$\therefore x = \frac{0.45 \times 0.155}{2} = 0.0349 \text{ sq. mm.}$$

4-5. তরলের আপাত প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of apparent expansion of liquid) :

(ক) ডিলাটোমিটার বা আয়তন থার্মোমিটার দ্বারা
(By the Dilatometer or Volume thermometer) :

4খ নং চিত্রে একটি ডিলাটোমিটার দেখানো হইয়াছে। এই যন্ত্রে একটি কাচের কুণ্ড থাকে। কুণ্ডটি একটি 20 কি 30 cm. লম্বা, সরু ও সমব্যাসযুক্ত কাচনলের সহিত যুক্ত। নলের গায়ে আয়তন নির্দেশক দাগ কাটা আছে। কুণ্ড ও নলের খানিকটা অংশ কোন তরল দ্বারা ভর্তি কবিলে ঐ দাগ হইতে তরলের মোট আয়তন জানা যাইবে।



ধব, পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ পূর্ণ করিয়া ববকে ডুবাইয়া রাখিলে তরল P দাগ পর্যন্ত পৌছিল। অর্থাৎ, 0°C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন উক্ত দাগ হইতে পাওয়া যাইবে। দাগা যাউক, ইহা V_0 , অতঃপর কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে রাখিয়া ঐ জলকে আন্তে আন্তে গরম কর এবং $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় স্থির রাখ। ধব, তরল আয়তনে প্রসারিত হইয়া (১) দাগ পর্যন্ত পৌছিল; ইহার আয়তন দ্বা যাউক, V_t .

ডিলাটোমিটার
বা আয়তন
থার্মোমিটার
চিত্র 4খ

সুতরাং, $V_t - V_0 =$ তরলের আপাত প্রসারণ।

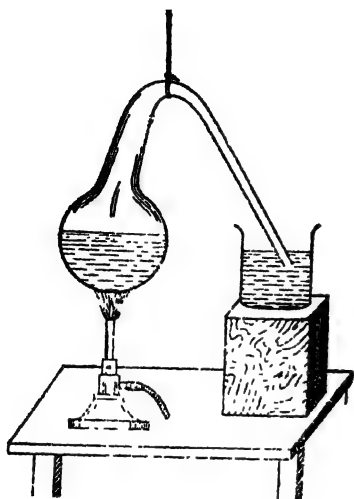
$$\therefore \gamma = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

(খ) ভার থার্মোমিটার দ্বারা (By Weight thermometer) :

ভাব থার্মোমিটার বস্তুত একটি সরু বাকী নলযুক্ত কাচের কুণ্ড। পর পক্ষাৎ 4গ নং চিত্রে একটি ভার থার্মোমিটারের ছবি দেখানো হইল।

প্রথমে ইহাকে খালি অবস্থায় ওজন কর। ধব, ইহা m_1 gm. পরে স্চালো মুখ পরীক্ষাধীন তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডটি একটু গরম কর। কুণ্ডের ভিতরের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া তরলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এখন কুণ্ডকে ঠাণ্ডা করিলে কিছু তরল সরু মুখ দিয়া কুণ্ডে প্রবেশ করিবে। এইরূপ কয়েকবার কুণ্ডকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে

থার্মোমিটার তরল দ্বারা পূর্ণ হইবে। সূচালো মুখ তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডকে



ভাব থার্মোমিটার

চিত্র 4গ

ঘরের তাপমাত্রায় কিরিয়া আসিতে দাও। অতঃপর পুনরায় ইহার ওজন লও। ধর, ইহা m_2 gm; ঘরের তাপমাত্রা লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা $t_1^\circ\text{C}$. এইবার কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং জল আস্তে আস্তে গরম কর। কুণ্ডের অভ্যন্তরস্থ তরল আয়তনে বাড়িবে এবং নল বাহিয়া বাহির হইয়া যাইবে। জলকে $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ স্থির রাখ। সূচালো মুখ দিয়া কুণ্ডেব তবল যখন আব বাহির হইবে না তখন কুণ্ডকে জল হইতে তুলিয়া আন ও ঠাণ্ডা হইতে দাও। যখন কুণ্ড আবার

ঘরের তাপমাত্রা পাইবে তখন ইহাকে পুনরায় ওজন কর। ধর, এই ওজন হইল m_3 gm.

গণনা :

$$m_2 - m_1 = M_1 \text{ (ধর)} = t_1^\circ\text{C তাপমাত্রায় থার্মোমিটার পূর্ণ তরলের ভর}$$

$$m_3 - m_1 = M_2 \text{ (ধর)} = t_2^\circ\text{C " "}$$

অতঃপর, $M_1 - M_2 =$ বহিষ্কৃত তরলের ভর

কাচের আয়তনকে উপেক্ষা করিয়া বলা যাইতে পারে যে $t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_1 gm. তরলের আয়তন $= t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আয়তন।

$$\text{এখন } t_1^\circ\text{C তাপমাত্রায় } M_1 \text{ gm. তরলের আয়তন} = \frac{M_1}{D}$$

$$[D = t_1^\circ\text{C-এ তরলের ঘনত্ব}]$$

$$\text{এবং } t_2^\circ\text{C তাপমাত্রায় } M_2 \text{ gm. তরলের আয়তন} = \frac{M_2}{D}$$

$\therefore t_2^\circ\text{C তাপমাত্রায় } M_2 \text{ gm. তরলের আপাত আয়তন}$

$$= \frac{M_2}{D} \{ 1 + \gamma'(t_2 - t_1) \}$$

[γ' = তরলের আপাত প্রসারণ গুণক]

$$\therefore \frac{M_1}{D} = \frac{M_2}{D} \{ 1 + \gamma'(t_2 - t_1) \}$$

$$\text{অথবা, } \frac{M_1}{M_2} = 1 + \gamma'(t_2 - t_1)$$

$$\text{অথবা, } \frac{M_1 - M_2}{M_2} = \gamma'(t_2 - t_1)$$

$$\therefore \gamma' = \frac{M_1 - M_2}{M_2(t_2 - t_1)} = \frac{\text{বহিকৃত তরলের ভর}}{t_2^\circ\text{C-এ অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

[জঃ এই পরীক্ষায় আয়তনের পরিবর্তে তরলের ওজন নির্ণয় করিয়া আপাত প্রসারণ গুণক বাহিব করা হয় বলিয়া ষয়টিকে ভার থার্মোমিটার বলে। তাছাড়া আপাত প্রসারণ গুণক জানা থাকিলে এই পদ্ধতিতে কোন 'খজাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় বলিয়া ইহার নাম থার্মোমিটার দেওয়া হইয়াছে।]

উদাহরণ :

(1) একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 300 gms পারদ আছে। ফুটন্ত জলে থার্মোমিটার ডুবাইলে 4.54 gms পারদ বাহিব হইয়া গেল। পারদের আপাত প্রসারণ গুণক কত?

[A weight thermometer contains 300 gms of mercury at 0°C when it is placed in boiling water, 4.54 gms of mercury were expelled. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ?]

উ। বহিকৃত পারদের ভর = 4.54 gms

অবশিষ্ট পারদের ভর = 300 - 4.54 = 295.46 gms

ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা = 100°C

আমরা জানি

$$\begin{aligned} \gamma' &= \frac{\text{বহিকৃত পারদের ভর}}{\text{অবশিষ্ট পারদের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \\ &= \frac{4.54}{295.46 \times 100} = 15 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

(2) একটি ভার থার্মোমিটারে 10°C তাপমাত্রায় 82 gms তরল আছে। ঐ তরলকে 85°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে 2 gms তরল বহিকৃত হইয়া যায়। তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর। কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 9×10^{-6} .

[A weight thermometer contains 82 gms. of liquid at 10°C and on heating it to 85°C , 2 gms of liquid were expelled. Find the co-efficient of absolute expansion of the liquid if the co-efficient of linear expansion of glass is 9×10^{-6} .]

উ। বহিষ্কৃত তরলের ভর = 2 gms.

অবশিষ্ট তরলের ভর = $82 - 2 = 80$ gms.

তাপমাত্রার পার্থক্য = $85 - 10 = 75^{\circ}\text{C}$.

তরলের আপাত প্রসারণ গুণক γ' ধরিলে,

$$\begin{aligned}\gamma' &= \frac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{\text{অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}} \\ &= \frac{2}{80 \times 75} \\ &= 0.00333\end{aligned}$$

এখন, কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক = $3 \times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক

$$= 3 \times 0.000009$$

$$= 0.000027$$

সুতরাং, আমরা জানি,

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক} + \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক}$$

$$= 0.00333 + 0.000027$$

$$= 0.00336$$

১৬. তরলের ঘনত্বের সহিত উহার প্রকৃত প্রসারণ গুণকের সম্পর্ক (Relation between density and co-efficient of real expansion of a liquid) :

ধরা যাক, কিছু পরিমাণ তরলের ভর 'm' এবং $t_1^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_1 এবং V_1 . এখন ঐ তরলকে উষ্ণ করিলে উহার আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হইবে। ধর, $t_2^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় উক্ত তরলের ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_2 ও V_2 হইল ($t_2 > t_1$)।

যেহেতু, ভর = আয়তন \times ঘনত্ব

$$\text{অতএব } m = V_1 D_1 = V_2 D_2$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}}{V_1}$$

[γ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক]

$$= \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

$$\therefore D_1 = D_2 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

যদি প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C এবং প্রাথমিক ঘনত্ব D_0 হয় তবে $t^\circ\text{C}$ -এ ঘনত্ব D_t দ্বিধি উপরোক্ত সমীকরণের সহায়তায় লেখা যাইবে যে

$$D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$$

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় কোন তরলের ঘনত্ব 8.9 gms/c.c. হইলে 20°C তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব কত হইবে? [তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক = $.000017 \times 3$]

[If the density of a liquid at 0°C be 8.9 gms/c.c. what will be the density at 20°C ? Co-efficient of real expansion of liquid = $.000017 \times 3$]

উ। আমরা জানি, $D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$

$$\text{এখানে } D_0 = 8.9 \text{ gms/c.c.}, t = 20^\circ\text{C}; D_t = ?$$

$$\text{সুতরাং, } 8.9 = D_t \{1 + .000017 \times 3 \times 20\}$$

$$\therefore D_t = \frac{8.9}{1 + .000017 \times 3 \times 20} = \frac{8.9}{1.00102}$$

$$= 8.89 \text{ gms/c.c.}$$

(2) 0°C তাপমাত্রায় 1 c.c. জলের ওজন 0.999874 gm এবং 4°C তাপমাত্রায় ওজন 1 gm. হইলে ঐ তাপমাত্রার মধ্যে জলের গড় প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[1 c.c. of water weighs 0.999874 gm at 0°C and 1 gm. at 4°C . Find the mean co-efficient of absolute expansion of water between 0°C and 4°C]

উ। এক্ষেত্রে $D_0 = 0.999874 \text{ gm/c.c.}$ এবং $D_t = 1 \text{ gm/c.c.}$
এবং $t = 4^\circ\text{C}$.

যেহেতু 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির কালে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়, কাজেই আমরা যে সমীকরণের সাহায্যে লইব তাহা $D_t = D_0(1 + \gamma.t)$

[γ = জলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক]

অথবা, $1 = 0.999874 (1 + 4.\gamma)$

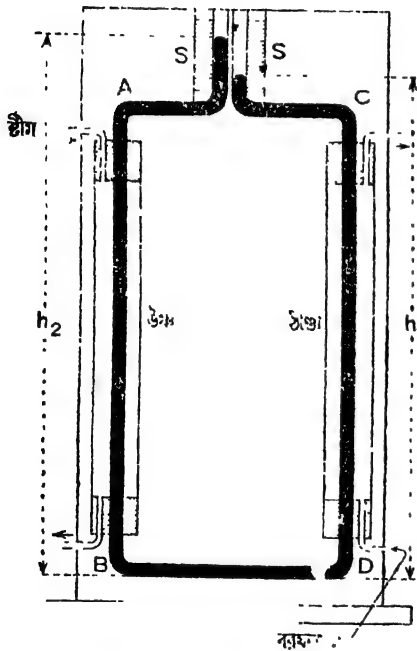
$$\therefore \gamma = \frac{1 - 0.999874}{4 \times 0.999874} = \frac{0.000126}{4 \times 0.999874} = 0.0000315$$

4-7. Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতিতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of

real expansion of liquid by Dulong and Petit's method) :

এই পদ্ধতি দ্বারা সবাসরি কোন তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়। নিম্নে ইহা : বিবরণ দেওয়া হইল।

একটি কাচের নলকে পাকাইয়া 4 ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে এরূপ অনেকটা চতুর্ভুজ করা হয়। নলের AB এবং CD বাহুদ্বয় খাড়া এবং BD বাহু অল্পভূমিক। A এবং C অংশের পরে নলটির দুই বাহু খানিকটা অল্পভূমিক থাকিয়া পবম্পনের নিকট সরিয়া পুনরায় গাড়া হইয়াছে। ঐ খাড়া অংশের দুই পাশে দুইটি স্কেল S এবং S কাঠের ফ্রেমের গায়ে ঝাঁটা



Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতি
4 ঘ নং চিত্র

থাকে। AB এবং CD বাহুদ্বয় দুইটি মোটা নল দ্বারা আবৃত। ঐ নল দুইটির মুখগুলি বন্ধ দ্বারা আটকানো। কর্কের ছিদ্র দিয়া সরু টিউবের সাহায্যে একটি নলের ভিতর দিয়া স্টিম এবং অল্পটির ভিতর দিয়া বরফ-জল পাঠাইবার

হয় না; সুতরাং এই পদ্ধতি হইতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক পাওয়া যায়।]

উদাহরণ:

100°C তাপমাত্রায় একটি পারদস্তম্ভ 0°C তাপমাত্রায় অপর একটি পারদ-স্তম্ভের সহিত সাম্য প্রতিষ্ঠা করে। উহাদের উচ্চতা যথাক্রমে 76.35 cm. এবং 75 cm. ; পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[A column of mercury 76.35 cm. long at 100°C balances another column of length 75 cm. at 0°C. Calculate the co-efficient of real expansion of mercury.]

উ। আমরা জানি, প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

$$= \frac{76.35 - 75}{75 \times (100 - 0)} = \frac{1.35}{75 \times 100} = 1.8 \times 10^{-4}$$

কয়েকটি তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণকের তালিকা

তরল	প্রতি °C	প্রতি °F
জল (15° - 100°C)	.00037	.0002
পারদ	.00018	.0001
অ্যালকোহল	.0011	.00061
তার্পিন তেল	.00105	.00054

4-8. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ (Anomalous expansion of water) :

উত্তপ্ত হইলে তরলের আয়তনের প্রসারণ হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই তরলের সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জলের বেলাতে ইহার কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায়। কিছু পরিমাণ জলকে 0°C তাপমাত্রায় আনিয়া পরে আস্তে আস্তে গরম করিলে দেখা যাইবে যে উক্ত জলের আয়তন বৃদ্ধি না

পাইয়া সংকুচিত হইতেছে। আয়তনের এই সংকোচন চলিবে, যতক্ষণ না তাপমাত্রা 4°C -এ পৌঁছায়। 4°C -এর পর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে অত্যন্ত তরলের দ্বারা জলেরও আয়তনের প্রসারণ হইবে।

আবার কিছু পরিমাণ উষ্ণ জল লইয়া আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা করিলে অত্যন্ত তরলের দ্বারা জলেরও আয়তন কমিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাপমাত্রা 4°C -এ পৌঁছায়। কিন্তু 4°C হইতে 0°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিলে জলের আয়তন না কমিয়া বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং 4°C হইতে 0°C পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানে জলের আয়তন প্রসারণ অত্যন্ত তরল হইতে ভিন্ন। ইহাকে জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে বোঝা যায় যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের 4°C তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। যেহেতু ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional), অতএব ইহা বলা যায় যে, 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

4-9. জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experimental study of anomalous behaviour of water):

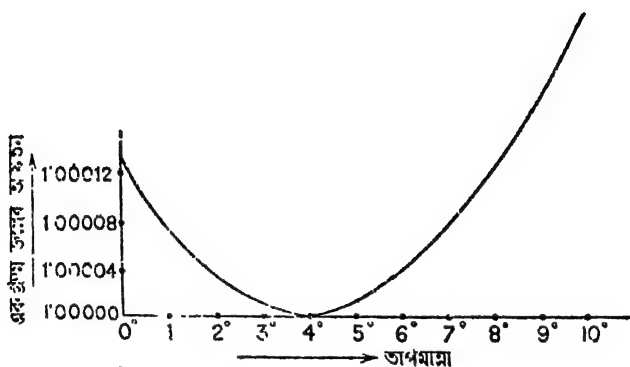
4খ, নং চিত্রে প্রদর্শিত ডিলাটোমিটারের সাহায্যে জলের উপরোক্ত ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার দেখানো যাইতে পারে।

ডিলাটোমিটারের আয়তনের $\frac{1}{4}$ অংশ পারদ দ্বারা পূর্ণ কর। পারদের প্রসারণ গুণক কাচ অপেক্ষা সাতগুণ বলিয়া ডিলাটোমিটারের বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনে বদলাইবে না। সুতরাং এই অংশে যদি কোন তরল থাকে তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ বা সংকোচন হইবে।

জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার পরীক্ষা করিবার জন্য উপরোক্ত পারদপূর্ণ ডিলাটোমিটারের নলের কোন এক দাগ পর্যন্ত পাতিত জল (distilled water) দ্বারা পূর্ণ কর। এখন কুণ্ড ও নলের এই দাগ পর্যন্ত 0°C তাপমাত্রায় রাখিত বরফ-জলে নিমজ্জিত কর। যখন নলে জলের তল স্থির হইবে তখন উহার আয়তন লক্ষ্য কর। বরফ-জলে একটি থার্মোমিটার ডুবাও। এখন আন্তে আন্তে বরফজলকে উষ্ণ কর এবং প্রতি $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা অন্তর স্কেলে জলের তল কোন দাগ পর্যন্ত থাকে তাহা লক্ষ্য কর। এইভাবে জলকে 10°C পর্যন্ত উষ্ণ

কর। দেখা যাইবে যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জলের তল স্কেল বাহিয়া নামিতে থাকিবে এবং পরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে জলের তল স্কেল বাহিয়া উঠিতে থাকিবে।

এক গ্রাম জলের আয়তন (সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে) তাপমাত্রার সহিত কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা আয়তন-তাপমাত্রা লেখ-চিত্রে (graph) দেখানো হইল (৪৬ নং চিত্র)। এই লেখ-চিত্রে আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ (vertical axis) এবং তাপমাত্রাকে অক্ষভূমিক অক্ষ (horizontal



আয়তন-তাপমাত্রা লেখ-চিত্র

চিত্র ৪৬

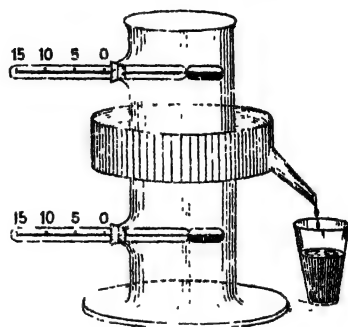
axis) ব্যবহার অবদন করা হইয়াছে। চিত্র হইতে ইহা পবিষ্কাররূপে বোঝা যায় যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত আয়তন ক্রমশঃ কমিতে গিয়াছে এবং 4°C -এ আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। পরে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে আয়তন বৃদ্ধি পাইতেছে।

অতএব 4°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

লেখ-চিত্রে আর একটি দ্রুতিস লক্ষ্য করিবার আছে। 4°C -এর কাছাকাছি লেখ-চিত্রের অংশ অনেকটা অক্ষভূমিক। ইহা প্রমাণ করে যে, 4°C -র কাছাকাছি সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে জলের ঘনত্বের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। এই কারণে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্বকে একক ধরা হয়।

4-10. 4°C -এ জলের সর্বোচ্চ ঘনত্ব প্রদর্শনের জন্য হোপের পরীক্ষা (Hope's experiment to demonstrate the maximum density of water at 4°C) :

4চ নং চিত্রে এই পরীক্ষার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি লম্বা চোঙের চোঙ। ইহার গায়ের দুইটি ছিদ্র দিয়া দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো। এই দুই থার্মোমিটারের মাঝখানে এবং চোঙের মাঝ বরাবর একটি পাত্রে চোঙকে ঘিবিয়া আছে। এই পাত্রে গলণ ও বরফ মিশাইয়া একটি হিম-মিশ্রণ (freezing mixture) রাখা আছে। এই মিশ্রণের তাপমাত্রা -20°C । মিশ্রণের সবক গলিয়া জল হইলে তাহা নিক্ষেপনের জন্য ঐ পাত্রে একটি নল থাকে।



হোপের পরীক্ষার ব্যবস্থা

এখন চোঙটি বিশুদ্ধ জলদ্বারা পূর্ণ

চিত্র 4চ

কর। প্রথমে দুইটি থার্মোমিটারই সমান তাপমাত্রা দেখাইবে। কিন্তু কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতেছে কিন্তু উপরের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা ঠিকই আছে। উঠাব কারণ এই যে, হিম-মিশ্রণযুক্ত পাত্রে কাছাকাছি চল হিম-মিশ্রণের সংস্পর্শে ঠাণ্ডা হইয়া আরতনে সঙ্কুচিত হইবে এবং উঠাব ঘনত্ব বাড়ে। এষ্ট ভারী ঠাণ্ডা জল নীচের দিকে নামিবে এবং নাচ হইতে অপেক্ষাকৃত হাল্কা ও গবম জল উপরের দিকে যাইবে এবং যখন হিম-মিশ্রণের কাছে পৌছাইবে তখন আবার ঠাণ্ডা হইবে। এই ঠাণ্ডা জল ভারী হইয়া আবার নীচের দিকে যাইবে। জলের এই চলাচলের দরুন নীচের থার্মোমিটারে তাপমাত্রা ক্রমশ কমিতে থাকিবে। কিন্তু উপরের থার্মোমিটারে কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কারণ, উপরের জলের কোন চলাচল না হওয়ায় উষ্ণতার কোন পরিবর্তন এমাবৎ হইবে না।

যখন নীচের থার্মোমিটারে 4°C তাপমাত্রা হইবে তখন নীচের জলের তাপমাত্রা আর কমিতে দেখা যাইবে না। ইহা প্রমাণ করে যে হিম-মিশ্রণযুক্ত পাত্রে কাছাকাছি জল 4°C অপেক্ষা আবো ঠাণ্ডা হওয়াতে ভারী হইতেছে না—অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়িতেছে না। বরং এবার দেখা যাইবে যে, উপরের

থার্মোমিটারে তাপমাত্রা কমিতে শুরু করিয়াছে। ইহার কারণ, হিম-মিশ্রণ পাত্রের কাছাকাছি জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হওয়াতে ঘনত্ব কমিয়া গেল। এবং হালকা হওয়াতে উপরের দিকে উঠিল। যখন, ঐ পাত্রের কাছাকাছি জলের 0°C -এর কম তাপমাত্রা হইবে তখন ঐ জল জমিয়া বরফ হইবে এবং জল অপেক্ষা বরফ হালকা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠিবে। সুতরাং, উপরের থার্মোমিটার 0°C তাপমাত্রা দেখাইবে কিন্তু নীচের জল এবং নীচের থার্মোমিটার সবদা 4°C তাপমাত্রায় থাকিবে।

অতএব এই পরীক্ষা প্রমাণ কবে যে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ।

4-11. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফল (Consequence of anomalous expansion of water) :

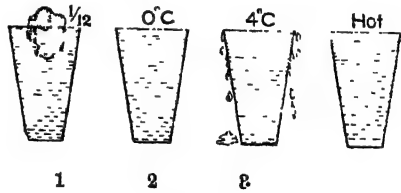
জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনে জলচর প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। কাজেই প্রকৃতি জলের এই অদ্ভুত ব্যবহারকে নিজেও কাজে লাগাইয়াছে।

কোন নদী বা পুকুরের জল খুব ঠাণ্ডা হইলে কিরূপ অবস্থান উদ্ভব হয় তাহা উপবোর্সে হোপের পরীক্ষা হইতে সহজেই বোঝা যায়। প্রথমে জলের উপবিভাগ ঠাণ্ডা হওয়ায় সংস্পর্শে ক্রমশ শীতল হইয়া ভারী হইবে এবং তলায় চলিয়া যাইবে। তলায় অপেক্ষাকৃত গরম জল উপরের দিকে আসিবে। কাজেই তলায় জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবে। কিন্তু যেই তলায় জলের তাপমাত্রা 4°C হইল তখন আর জল তলার দিকে আসিবে না। কারণ, উপরের জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হইলে হালকা হইবে এবং উপরেই থাকিবে। কাজেই উপরের জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া বরফে পরিণত হইবে কিন্তু তাহার তলার জল 4°C -এ উষ্ণ থাকিবে। বরফ যদি জল অপেক্ষা ভারী হইত তবে বরফ নীচে ডুবিয়া যাইত এবং সেক্ষেত্রে জলাশয়ের সব জল জমিয়া বরফে পরিণত হইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়ম এমনই যে তাহা হইতে পারে না। সেজন্য প্রচণ্ড শীতের দিনেও গরম পুকুর বা নদীর উপবিভাগ জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন নীচের জল 4°C তাপমাত্রায় থাকে এবং এই কারণে মাছ এবং অন্যান্য জলচর প্রাণী শীতের দিনেও বাঁচিয়া থাকে।

4-12. জলের আয়তন সম্পর্কিত একটি সমস্যা (A problem in connection with the volume of water) :

জলের আয়তন সম্পর্কে একটি কৌতূহলোদ্দীপক প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে। মনে কর, একটি গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ এবং ঐ অবস্থায় জলের ভিত্তর এক টুকরা বরফ ভাসিতেছে। এখন প্রশ্ন হইতেছে যে বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইলে এবং জলের তাপমাত্রা 0°C থাকিলে জলের তল কোথায় থাকিবে? গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C করিয়া অথবা উত্তপ্ত জল লইয়া বরফ ভাসাইলেই বা জলের তল কোথায় থাকিবে?

গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ থাকায় এবং গলিয়া আরো জল তৈয়াবী হওয়ায় স্বভাবত মনে হইবে যে জল গ্লাস হইতে উপচাইয়া পড়িবে। কিন্তু তাহা হইবে না; জলের তল যেমন ছিল তেমনই থাকিবে। ইহাব কারণ এই যে 0°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. বরফ পাওয়া যায়। ঐ বরফ যখন জলে ভাসে তখন উহার আয়তনের 12 ভাগের এক ভাগ জলের বাহিবে এবং 11 ভাগ জলের ভিতরে থাকে [চিত্র দেখ]।



চিত্র 45 (i)

সুতরাং ভাসমান অবস্থায় বরফ উহার আয়তনের ঐ 11 ভাগ জল অপসারণ করিয়া ভাসিবে। আবার গলিয়া জল হইলে ঐ 11 ভাগ জল পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান হওয়ায় 0°C তাপমাত্রায় বরফ গলিয়া গেলেও গ্লাস কানায় কানায় ভর্তি থাকিবে—জলের তলের কোন পরিবর্তন হইবে না (দ্বিতীয় ছবি দেখ)।

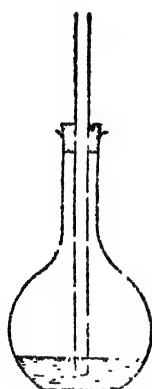
যদি 4°C তাপমাত্রায় জলে বরফ ভাসে তবে বরফ ঐ জল হইতে তাপ লইয়া গলিবে এবং বরফ গলা-জল এবং গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C অপেক্ষা কম হইবে। এক্ষেত্রে যদিও বরফ গলা জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি সমগ্র জলের তাপমাত্রা 4°C এর কম হওয়াতে জলের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। কারণ আমরা জানি জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হইলে জলের আয়তন বৃদ্ধি পায়। ফলে গ্লাসের জল উপচাইয়া পড়িবে (তৃতীয় ছবি দেখ)।

যদি উত্তপ্ত জলে বরফ ভাসান হয় তবে সমগ্র জলের তাপমাত্রা বরফ গলিবার ফলে হ্রাস পাইবে। যদিও বরফ গলা জল এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি উচ্চ তাপমাত্রা (4°C অপেক্ষা অনেক বেশী) হইতে নিম্ন তাপমাত্রায় আসিবার ফলে জলের আয়তনের সংকোচন হইবে এবং জলের তল খানিকটা নামিয়া আসিবে (চতুর্থ ছবি দেখ)।

গ্যাসের প্রসারণ

4-13. সূচনা :

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের ত্রায় গ্যাসেরও প্রসারণ হয়। গ্যাসের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে।



গ্যাসের প্রসারণ
দেখাইবার ব্যবস্থা

চিত্র 4ছ

তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ কঠিন বা তরল পদার্থের প্রসারণ অপেক্ষা অনেক বেশী, তাছাড়া সমান তাপ প্রয়োগে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন বা তরল পদার্থের ত্রাছ হয় না। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা গ্যাসের প্রসারণের উপবোক্ত বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন কবানো যায়।

পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু বড়িন জল ঢাল এবং ঝক দ্বারা মুখ বন্ধ কর (4ছ নং চিত্র)। কয়েক ডিগ্রি দিনা একটি সরু কাচের টুকরা বাহাতে নলটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌছায়। জল ছাড়া ফ্লাস্কের বাকী অংশ বায়ুপূর্ণ। এইবার হুত হাত দিয়া ফ্লাস্কটির উপরাংশ আবৃত করিলে দেখা যাইবে যে কাচের বাহিয়া রঙিন জল উপরে উঠিয়াছে। কেন এক্ষণ হয়?

হাতের উত্তাপে ফ্লাস্কের উপরাংশে যে-বায়ু আছে তাহার আয়তনের প্রসারণ হইতে চায়। ফলে উহা জলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা জনকে কাচের বাহিয়া খানিকটা উপরে তুলিয়া দেয়।

এইবার পূর্ববর্ণিত ফ্লাস্কের ত্রায় দুইটি ফ্লাস্ক লও এবং উহাদের ভিতর নম আয়তনের রঙিন জল রাখ বাহাতে ফ্লাস্ক দুইটিতে গ্যাস থাকিবার জগু

সম-আয়তনের আয়তন থাকে। একটি ক্লাসে বায়ু ও দ্বিতীয় ক্লাসে অল্প কোন গ্যাস—ধর, হাইড্রোজেন—রাখা হইল। এইবার ক্লাস দুইটিকে গরম জলপূর্ণ একটি বড় গামলায় রাখ। দেখিবে যে দুইটি ক্লাসের কাচনলেই রঙিন জল সমান উর্ধ্বে উঠিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে, সমান তাপ পাইলে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় আয়তন প্রসারণ সমান হয় না।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সাধারণ ঘটনা হইতে গ্যাসের প্রসারণশীলতা সহজে তোমাদের ধারণা পরিষ্কার হইবে :

(ক) একটি বেলুনে কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া মুখ শক্ত করিয়া আটকাও। এইবার বেলুনটিকে একটু উত্তপ্ত কর। দেখিবে বেলুনটি ফুলিয়া উঠিয়াছে। ইহার কারণ বায়ু প্রসারণশীলতা। বেলুনের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হয় এবং বেলুনের উপর বহির্স্থি চাপ দেয়। তখন বেলুন ফুলিয়া ওঠে। বেলুনটিকে এইবার ঠাণ্ডা কর। দেখিবে বেলুনটি ঠাণ্ডা হইয়া যখন পূর্বের তাপমাত্রা পাইবে তখন উহা পানিকটা চূপসাইয়া গিয়াছে।

(খ) একটি কাচের বোতলের মুখ বন্ধ করিয়া আটকাইয়া উনানের পাশে রাখ। কিছুক্ষণ পবে দেখিবে যে জ্বার শব্দ করিয়া বর্ক বোতলেব মুখ হইতে ছিটকাইয়া বাহির হইয়া গিয়াছে। কেন এরূপ হইল জান দি ? উনানের উত্তাপে বোতলেব ভিতরকার বায়ু আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় কিন্তু কাচের দেওয়াল এই প্রসারণকে বাধা দেয়। ফলে বায়ু চাপ খুব বাড়িয়া যায়। এই বর্ধিত বায়ু চাপ বর্ককে সহ্যেতে ঠেলিয়া বাহির করিয়া দেয়।

(গ) দুই উপলাইয়া উঠিবার কথা তোমরা জান। আধ কড়া দুধ ভাল দিলে উপলাইয়া কড়া ভর্তি করিয়া ফেলে। কেন এরূপ হয় ? দুধের ভিতর কিছু বায়ু সর্বদা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উত্তাপ পাইয়া এই বায়ু প্রসারিত হয়। তাই দুধ উপলাইয়া উঠে।

4-14. গ্যাসের প্রসারণের উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব :
গ্যাসের সূত্র (Gas Laws) :

গ্যাসের প্রসারণের বৈশিষ্ট্য এই যে চাপ ও তাপমাত্রার সামান্য প্রভেদে গ্যাসের প্রসারণের যথেষ্ট তারতম্য দেখা যায়। চাপ প্রয়োগে বা ক্রাসে কঠিন বা তরল পদার্থের সংকোচন বা প্রসারণ এত কম যে তাহা সম্পূর্ণ অগ্রাহ্য করা যায়। কিন্তু তাপমাত্রা স্থির রাখিলেও চাপের সামান্য প্রভেদে কিছু পরিমাণ

গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন দেখা যায়। আবার চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রা সামান্য পরিবর্তন করিলে উক্ত গ্যাসের আয়তন যথেষ্ট পরিবর্তিত হইবে। সুতরাং গ্যাসের আয়তন প্রসারণ বিবেচনা করিতে হইলে চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েরই কথা চিন্তা করিতে হইবে। চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সূত্রগুলিকে গ্যাসের সূত্র বলা হয়। নিম্নে এই সূত্রগুলির আলোচনা করা হইল।

(ক) বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) :

তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং উহার উপর চাপ P হয়, তবে উপবোক্ত সূত্রানুযায়ী

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হয়।}$$

অর্থাৎ, $VP = \text{ধ্রুবক}$ ।

কাজেই, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 হয়, তবে

$$V_1 P_1 = V_2 P_2 = V_3 P_3 \text{ ইত্যাদি।}$$

(খ) চার্লসের সূত্র (Charles' Law) :

চাপ স্থির থাকিলে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উক্ত গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় যে আয়তন হয় তাহার একটি নির্দিষ্ট ভগ্নাংশে ($\frac{1}{273}$) বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ধরা যাউক, 0°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 , সুতরাং, চার্লসের সূত্রানুযায়ী,

$$1^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} = V_0 + V_0 \cdot \frac{1}{273}$$

$$2^\circ\text{C} \quad \quad \quad = V_0 + V_0 \cdot \frac{2}{273}$$

$$t^\circ\text{C} \quad \quad \quad = V_0 + V_0 \cdot \frac{t}{273}$$

$t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনকে V ধরা হইলে, $V = V_0 (1 + \frac{t}{273})$

অর্থাৎ যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করিয়া হ্রাস করা যায়, তবে $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $V = V_0 (1 - \frac{t}{273})$ ।

4-15. চার্লস সূত্রের একটি সহজ পরীক্ষামূলক প্রমাণ (A simple experimental verification of Charles' law) :

ধব, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 এবং 100°C তাপমাত্রায় আয়তন V_{100} , চার্লসের সূত্র হইতে আমবা লিখিতে পারি,

$$\frac{V_{100} - V_0}{V \times 100} = \frac{1}{273}$$

আমবা যদি উপবোক্ত সম্পর্ক পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিতে পারি তবে চার্লসের সূত্রেরও পরীক্ষামূলক প্রমাণ হইবে।

A একটি একমুখ বন্ধ সমপ্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাচনল—দৈর্ঘ্যে প্রায় আধ মিটার (চিত্র 4 জ)। এই নলের মধ্যে একটু পানদ (C) ঢুকানো আছে। ইহা সূচকের কাজ করিবে। পানদ সূচক হইতে কাচনলের বন্ধ মুখ পর্যন্ত স্থান বায়ুপূর্ণ। নলটিকে



আব একটি মোটা কাচনল (J)

চিত্র 4 জ

ধাবা আবৃত করা আছে। এই জ্যাকট-নলের দুই মুখে দুই ছিপি দিয়া একটি আগম নল (P) এবং একটি নির্গমন নল (Q) লাগানো আছে। তাছাড়া, একটি থার্মোমিটার (T) জ্যাকট-নলের মধ্যে ঢুকানো আছে। সরু কাচনলটিকে জ্যাকট-নলের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া একটি অবলম্বনের সাহায্যে অগ্রভাগিক অবস্থায় রাখা আছে যাতে সরু নলের খোলামুখ জ্যাকট নলের বাহিবে থাকে।

এখন, আগম-নল (P) দিয়া জ্যাকটের ভিত্তর বরফ জল প্রবেশ করাইতে হইবে। ঐ জল নির্গমন নল (Q) দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। বরফ জলের সংস্পর্শে A নলের বায়ুর তাপমাত্রা থার্মোমিটার T হইতে পাওয়া যাইবে। তাপমাত্রা কমার সময় A নলের বায়ুর আয়তন হ্রাস পাইবে এবং সূচক C একটু একটু কবিতা বাঁদিকে সরিয়া যাইবে। যখন তাপমাত্রা 0°C হইবে তখন সূচক C একস্থানে স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। একটি স্কেলের সাহায্যে A নলের বন্ধমুখ হইতে সূচক যেখানে স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে সেই পর্যন্ত দূরত্ব মাপ। এখন জ্যাকটের জল সম্পূর্ণ বাহির করিয়া জ্যাকটের ভিতর স্ত্রীম পাঠাইতে হইবে। ইহাতে A নলের বায়ুর তাপমাত্রা বাড়িবে এবং বায়ুর আয়তনের প্রসারণ

হইবে। তখন স্চক C একটু একটু করিয়া ডানদিকে সরিয়া যাইবে। যখন তাপমাত্রা বাড়িয়া 100°C হইবে তখন স্চক এক জায়গায় (ধর, C' অবস্থানে) স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। বন্ধ মুখ হইতে C' পর্যন্ত দূরত্ব স্কেল দ্বারা মাপ। A নলের খোলামুখ বায়ুমণ্ডলে উন্মুক্ত বলিয়া নলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুচাপ সর্বদা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান থাকিবে। অর্থাৎ এখানে চাপ স্থির রাখা হইল।

ধর, 0°C তাপমাত্রায় A নলের বায়ু অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য $= l_0$ cm এবং 100°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য $= l_{100}$ cm, এক্ষেত্রে A নলের প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান হওয়ায় এ ছুই অবস্থায় বায়ুর আয়তন দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক ধরা যাইতে পারে। অর্থাৎ,

$$\frac{V_{100} - V_0}{V_0 \times 100} = \frac{l_{100} - l_0}{l_0 \times 100}$$

এখন, l_0, l_{100} আমাদের জানা আছে। উভাদের মান বসাইলে দেখা যাবে যে উৎপত্তি অনুপাত $\frac{1}{100}$ হইতেছে। ইহা চার্লস সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে।

4.16. তাপমাত্রার চরম স্কেল (Absolute scale of temperature):

চার্লসের সূত্র হইতে দেখা গেল, $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা হ্রাসে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $V = V_0(1 - \frac{t}{273})$ ।

যদি তাপমাত্রা 273°C হ্রাস করা যায় অর্থাৎ -273°C তাপমাত্রায় উৎপত্তি আয়তন $V = V_0(1 - \frac{273}{273}) = 0$ ।

অর্থাৎ, উৎপত্তি তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। ইহা অপেক্ষা কম তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হইবে। কিন্তু ঋণাত্মক আয়তনের কোন অর্থ নাই। ইহা একটি অসম্ভব ব্যাপার। ইহা শুধু গণিতের নিয়মেই (mathematically) সম্ভব। কিন্তু ইহা দ্বারা একটি নতুন তাপমাত্রামাপক স্কেল উদ্ভাবিত হইয়াছে। ইহাকেই বলা হয় তাপমাত্রার চরম স্কেল। ইহাও শূন্য দণ্ড -273°C , কারণ ইহা অপেক্ষা কম তাপমাত্রা আমরা কল্পনা করিতে পারি না। প্রত্যাং হিমাঙ্ক অর্থাৎ 0°C এই স্কেল অনুযায়ী 273°A এবং দণ্ডনাঙ্ক অর্থাৎ 100°C হইবে 373°A ।

[**জটিল্য :** সেন্টিগ্রেড বা ফারেনহাইট স্কেলে 0° নির্বাচনের শিহনে কোন যুক্তি নাই। উহা খেরালমত করা হইয়াছে। কিন্তু চরম স্কেলের 0° নির্বাচনের শিহনে বিজ্ঞান-সম্মত কারণ আছে। সকল গ্যাসই ঐ তাপমাত্রায় শূন্য আয়তনযুক্ত হইবে এবং উহা অপেক্ষা নিম্নতর কোন তাপমাত্রা কল্পনাভীত বলিয়া উহাকেই 0° ডিগ্রী ধরা যুক্তিযুক্ত। তাছাড়া এই স্কেল গ্যাস-নিরপেক্ষ বসিখা উহাকে চরম স্কেল বলাও সম্ভব।]

যদি সেন্টিগ্রেড স্কেলে কোন তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ হয় তবে চরম স্কেলে উহাকে T ধরা হইলে, $T = 273 + t$

আমরা চার্লসের সূত্র হইতে জানি যে

$$V = V_0(1 + \frac{t}{273}) = V_0(\frac{273+t}{273}) = \frac{V_0 T}{273} = \frac{V_0 T}{T_0}$$

$$\text{or, } \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$$

অথবা, $V \propto T$

অর্থাৎ, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার চরম তাপমাত্রার (absolute temperature) সমানুপাতিক হয়। চার্লসের সূত্রকে এইভাবেও বলা যাইতে পারে।

4-17. চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় (Combination of Charles' and Boyle's law) :

ধর, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন, তাপমাত্রা ও চাপ যথাক্রমে V_1 , T_1 , এবং P_1 .

(i) এখন, চাপ স্থির রাখিয়া, ধর, গ্যাসের তাপমাত্রা T_2 করা হইল যাহাতে গ্যাসের আয়তন দাঁড়াইল V' , চার্লস সূত্র হইতে লেখা যাইবে,

$$\frac{V'}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \text{ অথবা, } V' = V_1 \frac{T_2}{T_1}$$

(ii) এইবার তাপমাত্রা T_2 স্থির রাখিয়া চাপ পরিবর্তিত করিয়া P_2 করা হইল যাহাতে আয়তন V' পরিবর্তিত হইয়া দাঁড়াইল V_2 , এক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পাবি, $P_2 V_2 = P_1 V' = \frac{P_1 V_1 \cdot T_2}{T_1}$

$$\text{or, } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা উপরোক্ত সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

[**মন্তব্য :** সাধারণভাবে কোন গ্যাসই সকল তাপমাত্রায় বয়েল বা চার্লসের সূত্র যথাযথ মানিয়া চলে না। এই সম্পর্কে একটি আদর্শ গ্যাসের (ideal or perfect gas) কল্পনা করা হইয়াছে। যে গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই উপরোক্ত দুই সূত্র অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র পূরাপূরি মানিয়া চলিবে উহাকেই আদর্শ গ্যাস বলা হয়। যদ্যপি রাখিতে হইবে যে আদর্শ গ্যাস নিছক কল্পনা মাত্র।]

উদাহরণ :

(1) 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ বায়ুর আয়তন 1000 cc., কত তাপমাত্রায় এবং 750 mm. পারদের চাপে ঐ বায়ুর আয়তন 1400 c.c. হইবে ?

[A quantity of air occupies 1000 c.c. at 20°C and 760 mm. pressure. At what temperature will it occupy 1400 c.c. at 750 mm. pressure ?]

$$\text{উ। এস্থলে } V_1 = 1000 \text{ c.c.} \quad V_2 = 1400 \text{ cc.}$$

$$P_1 = 760 \text{ mm.} \quad P_2 = 750 \text{ mm.}$$

$$T_1 = (20 + 273)^{\circ}\text{A} \quad T_2 = ?$$

$$\text{আমরা জানি } \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1000 \times 760}{273 + 20} = \frac{1400 \times 750}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } T_2 = \frac{1400 \times 750 \times 293}{1000 \times 760} = 404.8^{\circ}\text{A}$$

$$\text{সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে } t_2 = 404.8 - 273$$

$$= 131.8^{\circ}\text{C}$$

(2) 10°C তাপমাত্রায় 1 litre গ্যাসে তাপপ্রয়োগ করিয়া উহার চাপ ও আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। তখনকার তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

[The volume and pressure of 1 litre of a gas at 10°C are doubled by applying heat. Calculate the consequent temperature.]

উ। ধরা যাক, প্রথমে গ্যাসের চাপ = P ; উহার আয়তন = 1 litre ও

তাপমাত্রা = $10 + 273 = 283^\circ\text{A}$

পরে গ্যাসের চাপ = $2P$ এবং আয়তন = 2 litres ; $T_2 = ?$

আমরা জানি $\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$

এক্ষেত্রে $\frac{1 \times P}{283} = \frac{2 \times 2P}{T_2}$

অথবা, $T_2 = 4 \times 283 = 1132^\circ\text{A}$

সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে $t = 1132 - 273 = 859^\circ\text{C}$

(3) 18°C তাপমাত্রায় 100 litres অক্সিজেন গ্যাস একটি চোঙে প্রবেশ করানো হইল। চোঙটির আভ্যন্তরীণ আয়তন 10 litres হইলে চোঙের ভিতরকার গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

যদি চোঙটি সর্বোচ্চ চাপ 200 lb per sq. inch সহ্য করিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে কত তাপমাত্রা পর্যন্ত উহাকে উত্তপ্ত করা যাইতে পারে যাহাতে চোঙটি না ফাটে ? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 15 lbs per sq. inch.

[100 litres of Oxygen at atmospheric pressure and at 18°C are compressed into a cylinder whose internal capacity is 10 litres. What will be the pressure inside the cylinder ?

The cylinder is guaranteed to withstand a pressure of 200 lbs. per sq. inch. At what temperature would there be a danger of bursting ? Atmospheric pressure = 15 lbs per sq. inch.]

উ। প্রথম ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকায় আমরা লিখিতে পারি,
(বয়েলের সূত্রানুযায়ী) $P_1 V_1 = P_2 V_2$

এস্থলে

$P_1 = 15 \text{ lbs/sq. inch} ; V_1 = 100 \text{ litres} ; V_2 = 10 \text{ litres} ; P_2 = ?$

কাজেই, $15 \times 100 = P_2 \times 10$

$\therefore P_2 = 150 \text{ lbs/sq. inch.}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, আয়তন স্থির থাকায়, আমরা লিখিতে পারি,

$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P'}{T'}$

এখানে, $P_2 = 150 \text{ lbs/sq. inch}$; $T_2 = 273 + 18 = 291^\circ$;

$P' = 200 \text{ lbs/sq. inch}$; $T' = ?$

$$\text{কাজেই, } \frac{150}{291} = \frac{200}{T'}$$

$$\text{or, } T' = \frac{291 \times 4}{3} = 388^\circ$$

অতএব, সেন্টিগ্রেড স্কেলে নির্ণেয় তাপমাত্রা $= 388 - 273 = 115^\circ\text{C}$.

(4) জল অপসারণ পদ্ধতিতে একটি 100 c.c. নলে গ্যাস সংগ্রহ করিয়া গ্যাসের আয়তন 72.8 c.c. পাওয়া গেল। ঐ সময়ের তাপমাত্রা ছিল 25°C এবং বায়ু-চাপ ছিল 74.39 cm. পাবদস্ত্ত। স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর। 25°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 23.45 mm. পাবদস্ত্ত।

[A gas is collected over water in 100 c.c. tube and measures 72.8 c.c. , the temperature and pressure of the atmosphere at the time are 25°C and 74.39 cm. of mercury respectively. Calculate the volume of dry gas at N. T. P. The vapour pressure of water at 25°C is 23.45 mm. of mercury.]

উ। জলের উপর গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে বলিয়া নলে শুষ্ক গ্যাস ও জলীয় বাষ্প থাকিবে।

অতএব, শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ু চাপ - জলীয় বাষ্পের চাপ।

$$= (74.39 - 23.45) = 50.94 \text{ cm. of mercury.}$$

$$\text{এখন, } P_1 = 50.94 \text{ cm.}$$

$$P_2 = 76 \text{ cm.}$$

$$V_1 = 72.8 \text{ cc.}$$

$$V_2 = ?$$

$$T_1 = 25 + 273 = 298^\circ\text{A}$$

$$T_2 = 273^\circ\text{A}$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{or, } \frac{50.94 \times 72.8}{298} = \frac{76 \times V_2}{273}$$

$$V_2 = \frac{50.94 \times 72.8 \times 273}{298 \times 76} = 64.42 \text{ cc.}$$

4-18. আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (The ideal gas equation) :

চার্লস ও বয়েলেব সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পূর্বোক্ত অঙ্কচ্ছেদে (4-17)

দেখিয়াছি যে কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতে $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$ ।

ঐ ধ্রুবক-কে 'R' ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$PV = RT$$

কোন আদর্শ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার উপরোক্ত সমীকরণকে বলা হয় **আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ** ।

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে ধ্রুবক 'R' যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ । যদি এক গ্রাম-অণু (gramme-molecule) গ্যাসের কথা চিন্তা করা হয় তবে ঐ ধ্রুবক-কে বলা হয় **সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক** (universal gas constant) এবং যে-কোন গ্যাসের বেলাতে উক্ত মান সমান ।

কিন্তু যদি 'n' গ্রাম-অণু গ্যাসের কথা বিবেচনা করা হয় তবে উপরোক্ত গ্যাস সমীকরণকে নিম্নলিখিত ভাবে লেখা যায়,

$$PV = nRT \\ = KT \quad [K = nR]$$

এক্ষেত্রে 'K'-এর মান গ্যাসের ভাবের উপর নির্ভর করিবে ।

4-19. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান (Magnitude of universal gas constant) :

এক গ্রাম-অণু গ্যাস লইলে, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ কে কোন তাপমাত্রা ও চাপে যে-কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতেই প্রযোজ্য হইবে ।

$$\text{অর্থাৎ, } R = \frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে, } V_0 &= \text{স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন} \\ &= 22.4 \text{ litres} \\ &= 22400 \text{ c.c.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_0 &= \text{স্বাভাবিক চাপ (76 cm. পারদের চাপ)} \\ &= 76 \times 13.59 \times 981 = 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= \text{স্বাভাবিক তাপমাত্রা (অর্থাৎ } 0^\circ\text{C) } \\ &= (0 + 273) = 273^\circ\text{A.} \end{aligned}$$

$$\text{কাজেই, } R = \frac{1.013 \times 10^6 \times 22400}{273} = 8.31 \times 10^7 \text{ ergs/}^\circ\text{C.}$$

4-20. গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক
(Relation between the pressure, temperature and density
of a gas) :

ধর, কিছু পবিমাণ গ্যাসের ভর ' m ' এবং T_1 তাপমাত্রায় উহার আয়তন
ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 এবং D_1 ; যদি তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইয়া T_2 হয়
তবে উহার আয়তন \times ঘনত্ব উভয়ই পরিবর্তিত হইবে ; কিন্তু ভর ঠিক
থাকিবে।

মনে কর পরিবর্তিত আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 এবং D_2 .

$$\text{অতএব } V_1 D_1 = m = V_2 D_2$$

$$\text{or, } V_1 = \frac{m}{D_1} \text{ এবং } V_2 = \frac{m}{D_2}$$

যদি ঐ দুই তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1 এবং P_2 হয়, তবে
আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হইতে আমরা জানি,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{অথবা } \frac{P_1 m}{D_1 T_1} = \frac{P_2 m}{D_2 T_2}$$

$$\text{" } \frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P}{DT} = \text{ধ্রুবক।}$$

উদাহরণ : স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 litre শুষ্ক বায়ুৰ ওজন
1.293 gms , 3 বায়ুমণ্ডল চাপে এবং 100°C তাপমাত্রায় 3 litres শুষ্ক বায়ুৰ
ওজন কত হইবে ?

[A litre of dry air at N. T. P. weighs 1.293 gms. What
would be the weight of 3 litres at 100°C and a pressure of
3 atmospheres ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা এবং চাপে শুষ্ক বায়ুৰ ঘনত্ব (D_1 ধর)

$$= 1.293 \text{ gms/litre}$$

100°C তাপমাত্রায় এবং 3 বায়ুমণ্ডল চাপে উহার ঘনত্ব $= D_2$ (ধর)

এখান, $P_1 = 1 \text{ atmosphere}$, $T_1 = 273^\circ\text{A}$, $D_1 = 1.293 \text{ gms/litre}$

এবং $P_2 = 3 \text{ atmospheres}$, $T_2 = 273^\circ + 100^\circ = 373^\circ \text{A}$. $D_2 = ?$

আমরা জানি, $\frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$

অথবা, $D_2 = \frac{P_2 D_1 T_1}{P_1 T_2} = \frac{3 \times 1.293 \times 273}{1 \times 373}$
 $= 2.84 \text{ gms/litre}$

$\therefore 3 \text{ litres শুষ্ক বায়ুৰ ওজন} = 3 \times 2.84 \text{ gms} = 8.52 \text{ gms}$.

4-21. গ্যাসের প্রসারণ গুণক (Co-efficient of expansion of gases) :

কঠিন ও তরল পদার্থ অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণশীলতা (expansibility) বা সংনমনশীলতা (compressibility) অনেক বেশী তাহা পুবেই উল্লেখ করা হইয়াছে। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসেব তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ব্যবস্থা অল্পযায়ী উহাব আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে কিংবা চাপের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে। এই কারণে গ্যাসেব প্রসারণ গুণক দুইটি দবা হয়। (1) চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহাব দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **আয়তন গুণক** (volume co-efficient) এবং (2) আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রাব হ্রাস-বৃদ্ধিতে চাপের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **চাপ গুণক** (pressure co-efficient)।

(1) **আয়তন গুণক** [Volume co-efficient (γ_v)] : চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহাব প্রতি একক আয়তনে যে আয়তন বৃদ্ধি হইবে উহাকে উক্ত গ্যাসেব আয়তন গুণক বলা হয়। এই গুণক সব গ্যাসের বেলাতেই সমান।

মনে কর, 0°C এবং $t^\circ \text{C}$ তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসেব আয়তন যথাক্রমে V_0 এবং V_t .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t - 0 = t^\circ \text{C}$ এবং আয়তন বৃদ্ধি $= V_t - V_0$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জগ্ৰ আয়তন বৃদ্ধি $= \frac{V_t - V_0}{t}$ এবং

প্রতি একক আয়তনে আয়তন বৃদ্ধি $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

\therefore আয়তন গুণক (γ_v) $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

(2) চাপ গুণাঙ্ক [Pressure co-efficient (γ_v)] : আয়তন স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক চাপে যে চাপবৃদ্ধি হইবে উহাকেই উক্ত গ্যাসের চাপ গুণাঙ্ক বলা হয়। এই গুণাঙ্কও সব গ্যাসের বেলাতে সমান।

পূর্বের মত, মনে কর, 0°C এবং $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_0 এবং P_t .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি $= t - 0 = t^\circ\text{C}$ এবং চাপবৃদ্ধি $= P_t - P_0$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য চাপবৃদ্ধি $= \frac{P_t - P_0}{t}$

এবং প্রতি একক চাপে চাপবৃদ্ধি $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$

\therefore চাপ গুণাঙ্ক (γ_v) $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$

4-22. গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C তাপমাত্রায় লইবার কারণ (Reason for taking initial volume at 0°C in calculating the volume co-efficient of a gas) :

গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন গুণাঙ্ক অথবা আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C -এর আয়তনকে লওয়া হয়। লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে তরল বা কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন যে-কোন তাপমাত্রায় আয়তনকে লওয়া হইয়াছে। ইহার কারণ এই যে কঠিন বা তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের মান খুব কম বলিয়া ঐকপ করা চলে কিন্তু গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ($\frac{1}{273}$) যথেষ্ট বেশী হওয়ায় ঐকপ করা চলে না, উহাকে অনেক ভুল হইবে। যেমন, কোন তরল বা কঠিন পদার্থের আয়তন $t_1^\circ\text{C}$ এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় V_1 এবং V_2 হইলে আমরা অনায়াসে লিখিতে পারি $V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$ [γ = তরল বা কঠিনের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক] কিন্তু গ্যাসের বেলাতে আমরা ঐকপ সবাসরি লিখিতে পারি না, সেক্ষেত্রে আমাদের লিখিতে হইবে $V_1 = V_0 \{1 + \gamma t_1\}$ এবং $V_2 = V_0 \{1 + \gamma t_2\}$ [γ = গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক]।

একটি উদাহরণ দিতেছি। ধব, কোন গ্যাসের আয়তন 0°C তাপমাত্রায় 273 c.c. , তাহা হইলে 100°C এবং 120°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন নিয়মানুযায়ী হিসাব করিলে পাউডাইবে,

$$V_{100} = V_0 (1 + \frac{1}{273} \times 100) = 273 (1 + \frac{100}{273}) = 373 \text{ c.c.}$$

$$\text{এবং } V_{120} = V_0 (1 + \frac{120}{273}) = 273 (1 + \frac{120}{273}) = 393 \text{ c.c.}$$

এখন, V_{100} আয়তনকে প্রাথমিক আয়তন ধরিয়া V_{120} নির্ণয় করিবার চেষ্টা করিলে কি ফল পাওয়া যায় দেখা যাউক। এই নিয়মে,

$$\begin{aligned} V_{120} &= V_{100} \{1 + \frac{1}{273} (120 - 100)\} \\ &= 373 \{1 + \frac{20}{273}\} \\ &= 400.3 \text{ c.c.} \end{aligned}$$

দেখা যাউতেছে যে এই পদ্ধতিতে যে আয়তন হইল তাহা চার্লস-এর সূত্র অনুযায়ী নির্ণীত আয়তন (393 c.c.) অপেক্ষা অনেক বেশী। সুতরাং এই পদ্ধতি ত্রুটিপূর্ণ। সুতরাং মনে বাখিবে যে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C -এ লইতে হইবে।

4-23. গ্যাসের দুই প্রসারণ গুণাক্ষের সম্পর্ক :

মনে কর, চাপ স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে $t^\circ\text{C}$ বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন V_0 হইতে V_t হয়। 'সামান্য' আয়তন গুণাক্ষ হইতে লিখিতে পারি,

$$\gamma_p = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

$$\text{অথবা, } V_t = V_0 + V_0 \gamma_p t$$

$$= V_0 (1 + \gamma_p t) \quad \dots (1)$$

এখন মনে কর, তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ -এ স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ P_0 হইতে বাড়াইতে বাড়াইতে এমন (ধর, P_t) করা হইল যে গ্যাসের আয়তন V_t হইতে কমিতে কমিতে পূর্বের V_0 আয়তন হইল। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাউতে পারে যে,

$$P_t V_0 = P_0 V_t \quad \dots (ii)$$

সুতরাং (1) এবং (ii) সমীকরণদ্বয়ে সমন্বয় করিয়া আমরা পাই,

$$P_t V_0 = P_0 V_0 (1 + \gamma_p t)$$

$$\text{অথবা, } P_t = P_0 (1 + \gamma_p t) \quad \dots (iii)$$

কিন্তু যদি মনে করা যায় যে গ্যাসের আয়তন V_0 স্থির রাখিয়া উহার

তাপমাত্রা 0°C হইতে $t^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি করা হইল তবে চাপ গুণাঙ্ক হইতে আমবা পাই,

$$\gamma_v = \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$$

$$\text{অথবা, } P_t = P_0 + P_0 \gamma_v t$$

$$= P_0 (1 + \gamma_v t) \quad \dots\dots(\text{iv})$$

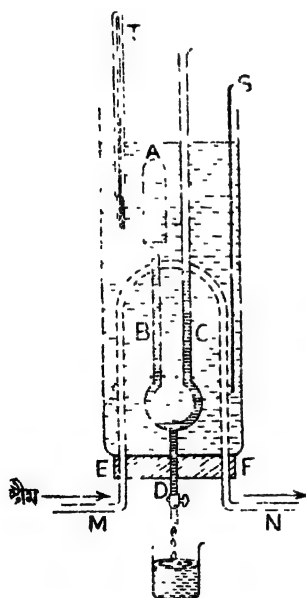
(iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমন্বয় করিলে লেখা যায়

$$\gamma_p = \gamma_v$$

অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক সমান। প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাউতে পারে যে, এই গুণাঙ্কের মান $\frac{1}{273}$ অথবা .00366

(চালসেবের সূত্র দ্রষ্টব্য)।

4-24. গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্কদ্বয়ের পরীক্ষামূলক নির্ণয় (Experimental determination of the two co-efficients of expansion of gas) :



বেনোয় স্থির-চাপ থার্মোমিটার

চিত্র 4ক

গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক (γ_v) নির্ণয়ের জন্য বেনোয় স্থির-চাপ থার্মোমিটার এবং চাপ গুণাঙ্কের (γ_p) জন্য জলীয় স্থির-আয়তন থার্মোমিটার প্রয়োজন। নিম্নে এই দুইটি থার্মোমিটারের বিবরণ ও গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

(ক) রেনোয় স্থির-চাপ থার্মোমিটার ও আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় (Regnault's constant pressure thermometer and determination of volume co-efficient) :

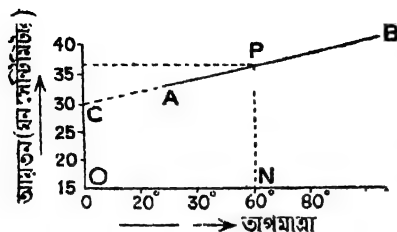
যন্ত্রের বিবরণ : 4ক নং চিত্রে স্থির-চাপ থার্মোমিটারের নকসা দেখানো হইল। BC, অনেকটা U-শব্দবের হ্রাস বাকানো একটি কাচনল। ঐ নলের একমুখ খোলা এবং অপর মুখে একটি বাল্ব

A যুক্ত। বাল্বটি বায়ুপূর্ণ এবং উহা ব গায়ে আয়তন সূচক দাগ কাটি

আছে। বাল্বেবের কিছু অংশে এবং BC নলে সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা আছে। BC নলের ঠিক নীচু হইতে ছিপিবৃত্ত একটি সক্ষম নল D লাগানো আছে। বাল্বেবৃত্ত BC নলটিকে ঘিরিয়া একটি জনপূর্ণ মোটা কাচের চোঙ থাকে এবং উহার তলার মুখ একটি ববার-কর্ক ছুটি দ্বারা বন্ধ। কর্কের মাঝখানের একটি ছিদ্র হইতে D নলটি বাহির হইয়া আসিয়াছে এবং গাশের দুইটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো তামাব নল MN ঢুকান আছে। এই নলের সাহায্যে চোঙের ভিতরে স্টীম পাঠানো হয়। ইহাতে চোঙের জল উত্তপ্ত হয়। জলকে নাড়িবার জন্য একটি আলোড়ক S এবং A বাল্বেব বায়ু তাপমাত্রা মাপিবার জন্য বাল্বেবের নিবনে একটি থার্মোমিটার T রাখিবার ব্যবস্থা আছে। D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া অথবা C নলের খোলামুখ দিয়া কিছু অ্যাসিড নলে ঢালিয়া B এবং C বাহিতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিলে A বাল্বেবের বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

আয়তন শুণাক্ত নির্ণয় : MN নল দিয়া স্টীম পাঠাইবার পূর্বে B ও C বাহিতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিয়া A বাল্বেবের দাগ হইতে বায়ু আয়তন নির্ণয় কর এবং T থার্মোমিটার হইতে জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। অতঃপর MN নল দিয়া স্টীম পাঠাও। ইহাতে চোঙের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং A বাল্বেবের বায়ু তাপমাত্রাও জলের তাপমাত্রার সমান হইবে। ফলে, ঐ বায়ু আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া ১) নলের অ্যাসিড লেভেলকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে C নলে অ্যাসিড লেভেল উর্ধ্বে উঠিবে। অর্থাৎ B এবং C নলের অ্যাসিড লেভেলদ্বয়ের উচ্চতায় পার্থক্য দেখা দিবে। স্টীম প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া এবং S আলোড়ক দ্বারা জল মদা নাড়িয়া জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষ 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে কিছুক্ষণ ঐ তাপমাত্রায় রাখিতে হইবে। ইত্যবসরে D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া পুনরায় B এবং C নলে অ্যাসিড লেভেল সমান করিতে হইবে। ফলে, ঐ বর্ধিত তাপমাত্রায় A বাল্বেবের বায়ুচাপ পূর্বকার বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। ইহাতে বায়ুচাপ স্থির রাখা হইবে। এখন A বাল্বেবের দাগ হইতে এই বায়ু আয়তন নির্ণয় কর। এইরূপ স্টীম-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ধাপে ধাপে জলের তাপমাত্রা 5°C কিংবা 10°C বৃদ্ধি করিয়া বায়ু-চাপ সমান রাখিতে হইবে এবং প্রতিবার বায়ু আয়তন কত হয় নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর আয়তন-তাপমাত্রাব একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপ-মাত্রাকে অন্তর্ভুক্তিক অক্ষ বরাবর এবং আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে



চিত্র 4-19

এখন সবল রেখার উপর যে-কোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা-অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN এই তাপমাত্রায় পূর্ণবৃত্ত বায়ুর আয়তন প্রকাশ করে। 4-19 নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে

$$OC = V_0 = 30 \text{ c.c.}$$

$$ON = t = 60^\circ\text{C}$$

$$\text{এবং } PN = V_t = 36.6 \text{ c.c.}$$

সামান্য 4-21 অঙ্কজোঁড়ে দেখিয়াছি,

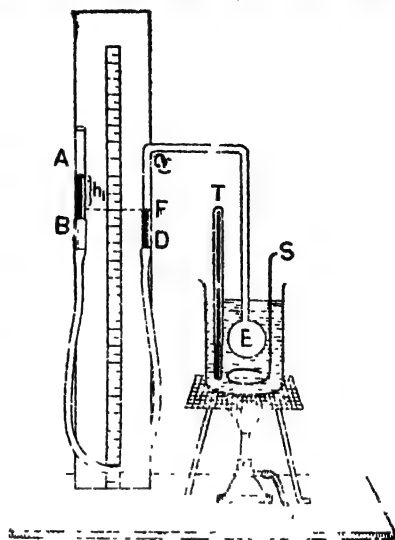
$$\therefore \beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{36.6 - 30}{60 \times 30} = \frac{6.6}{1800} = \frac{1}{273}$$

[দ্রঃ ইহাকে চার্লস স্কেলের পরীক্ষামূলক প্রমাণ হিসাবে ধরা যায়]

(খ) জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার ও চাপ গুণাঙ্ক নির্ণয় (Jolly's constant volume thermometer and determination of pressure coefficient):

যন্ত্রের বিবরণ: 4-20 নং চিত্রে স্থির-আয়তন থার্মোমিটারের নকশা দেখানো হইল। ইহাকে জলির যন্ত্র (Jolly's apparatus)-ও বলা হয়। এই যন্ত্রে AB এবং CD দুইটি সরু কাচনল একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়াভাবে আটকানো। একটি রবার নল উহাদের পরস্পরকে সংযুক্ত করিয়াছে। AB নলের উপরেই মুখ খোলা এবং এই নলের কিছু অংশে, সমস্ত রবার নলে এবং CD নলের কিছু অংশে পারদ রাখা

আছে। CD নলের সহিত একটি কাচের কুণ্ড E যুক্ত। ঐ কুণ্ডটি বায়ুপূর্ণ। CD নলে একটি দাগ দেওয়া থাকে। F হইল ঐ দাগ। AB নল উঁচু-নীচু করিয়া CD নলের পাবদশীর্ষ সর্বদা F দাগ পর্যন্ত রাখিতে হইবে। ইহাতে E কুণ্ডস্থিত বায়ব আয়তন সর্বদা স্থির থাকিবে। কুণ্ডটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখিয়া যানাবেব সাহায্যে জলকে উত্তপ্ত করা হয়। জল নাড়িবার জন্য পাত্রে মধ্য 'থার্মোডক S' এবং জলের তপা কুণ্ডস্থিত বায়ব তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য একটি থার্মোমিটার T দেওয়া থাকে। AB এবং CD নলের পাবদস্তন্তের



চিত্র ১০

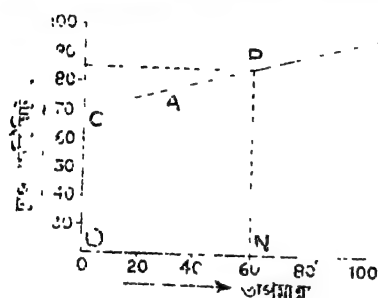
উচ্চতাব পাথক্য নির্ণয় করিবার জন্য উভয়দিকের মাপের পাত্রে একটি স্কেল আঁটানো থাকে।

চাপ ও গ্যাসক নির্ণয় :

জলগাহো (water bath) জলকে উত্তপ্ত করিবার পূর্বে AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পাবদশীর্ষকে F দাগ পর্যন্ত আনি। এখন এই নলের পাবদস্তন্তের উচ্চতাব প্রভেদ স্কেল হইতে নিম্ন কব। মনে কব, উচ্চ h_1 (চিহ্ন চিত্র দেখ)। এই অবস্থায় E কুণ্ডস্থিত বায়ব চাপ $(P_2) =$ বায়ু-মণ্ডলের চাপ $+ h_1$ পাবদস্তন্তের চাপ। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ H পাবদস্তন্তের সমান ধরা হয় তবে এই চাপ $(P_1) = H + h_1$; থার্মোমিটার হইতে জলের অর্থাৎ কুণ্ডস্থিত বায়ব তাপমাত্রা পাঠ কর। এখন বার্নারের সাহায্যে জল উত্তপ্ত কব এবং থার্মোডক S দ্বারা জল নাড়িতে থাক। জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে ঐ তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ রাখিতে হইবে। E কুণ্ডের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হইবে এবং CD নলের পাবদস্তন্তকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে AB

নলের পারদস্তম্ভ উর্ধ্বে উঠিবে। পুনরায় AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগে আনিতে হইবে। এই ব্যবস্থার ফলে E কুণ্ডের বায়ুর আয়তন স্থির থাকিবে। এই অবস্থায় দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে পাঠ করিতে হইবে। যদি উহা h_2 হয় তবে এই বর্ধিত তাপমাত্রায় E কুণ্ডের বায়ুচাপ $(P_2) = H + h_2$; এইরূপে তাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা ধাপে ধাপে 5°C কিংবা 10°C করিয়া বাড়াইয়া যাইতে হইবে এবং প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন স্থির রাখিয়া চাপ নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর চাপ-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে 'অক্ষভূমিক' অক্ষ বরাবর এবং চাপকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে লেখচিত্রটি



চিত্র 1ক

অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN এই তাপমাত্রায় প্রসারিত বায়ুর চাপ প্রকাশ করে। 4খ নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে $OC = P = 70 \text{ cm}$, $ON = t = 60^\circ\text{C}$ এবং $PN = P_2 = 85.4 \text{ cm}$ ।

অনুসরণ 4-21 অনুচ্ছেদে দেখানো

$$\gamma = \frac{P - P_2}{P_2 t} = \frac{85.4 - 70}{70 \times 60} = \frac{15.4}{4200} = \frac{1}{273}$$

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাউতে পারে যে আয়তন গুণক ও চাপ গুণক জানা থাকিলে এই দুই ধার্মোমিটারের যেকোনটির সাহায্যে অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

সারাংশ

উপরেবর্ণিত কোন আকার না থাকায় অবলম্ব্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। অবলম্ব্য শুধু আয়তন প্রসারণ হয়।

অবলম্ব্য প্রকৃত প্রসারণ = অবলম্ব্য আপাত প্রসারণ - পাত্রের প্রসারণ।

প্রশ্নাবলী

১. তবলের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ বলিতে কি বুঝায় ? ইহাদের গুণাক্রমের সংজ্ঞা কি ? এই গুণাক্রমের পারস্পরিক সম্পর্ক কি ?

[What do you understand by real and apparent expansion of a liquid ? What are the definitions of their co-efficients ? What is the relation between them ?] [cf. H. S. (comp) 1960, 1962]

২. ভাব থার্মোমিটারের সাহায্যে তবলের কোন গুণাক্রম নির্ণীত হয় ? এই পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

[Which co-efficient of expansion of a liquid is determined by a weight thermometer ? Describe the method in detail.]

৩. একটি ভাব থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 24 gms পারদ আছে। উহাকে 100°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করিলে উহাতে 28.622 gms পারদ থাকে। পারদের আপাত প্রসারণ গুণাক্রম কত ? পারদের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক্রম 6.68×10^{-6} হইলে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক্রম কত ?

[A weight thermometer contains 24 gms of mercury at 0°C . When heated to 100°C it contains 28.622 gms. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ? If the co-efficient of linear expansion of the container be 6.68×10^{-6} , find the co-efficient of absolute expansion of mercury.] [Ans. 16×10^{-5} , 17.9×10^{-5}]

৪. একটি ভাব থার্মোমিটারে 15°C তাপমাত্রায় অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ করিতে 45 gms অ্যালকোহল দরকার হয়। যদি থার্মোমিটারকে 88°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়, তবে কতখানি অ্যালকোহল দাখিল হইয়া থাকবে অ্যালকোহলের আপাত প্রসারণ গুণাক্রম = .00121.

[A weight thermometer requires when filled completely at 15°C , 45 gms of alcohol. How much alcohol will be expelled when it is heated to 88°C ? Co-efficient of apparent expansion of alcohol = .00121.] [Ans. 0.96 gms (approx)]

৫. লম্বা, সরু ও সমবাস্তবস্থক বক্রের কাচনল 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদ-স্তম্ভ আছে। তাপমাত্রা 100°C -এ বৃদ্ধি করিলে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য 16.5 mm, বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাক্রম 0.000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাক্রম কত হইবে ?

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C . When the temperature is raised to 100°C , the thread of mercury is found to be 16.5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0.000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass.] [H. S. (comp) 1960] [Ans. 5.6×10^{-6}]

৬. একটি কাচনলের অভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদ 0.005 sq. cm এবং উহা এক প্রান্তে 12 c.c. আয়তনের একটি গুপ্ত যন্ত্র আছে। 15°C তাপমাত্রায় ঐ গুপ্তি একটি তরল দ্বারা পূর্ণ আছে। তবলের আপাত প্রসারণ গুণাক্রম 0.52×10^{-5} হইলে এবং গুপ্তিকে 45°C উত্তপ্ত করিলে ঐ তরল নলের কত দূরত্ব পর্যন্ত শিক্ত হইবে ?

[A piece of glass tubing, internal area of cross-section 0.005 sq. cm. has a bulb of 12 c.c. capacity on the end. The bulb is completely filled at 15°C with a liquid, whose co-efficient of apparent expansion in glass is 0.52×10^{-5} per degree centigrado. How far will the liquid rise in the tube when the temperature of bulb is raised to 45°C ?] [Ans. 87.44 cm.]

১৭. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক কাকে বলে ? উহা কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[What is the co-efficient of real expansion of a liquid ? How would you determine it ?]

৪. একটি থার্মোমিটার বৃত্তাকার আয়তন 1 c.c. ; এ থার্মোমিটারের স্কেলের প্রত্যেক ডিগ্রী দ্বারা 5 mm. লম্বা কবিতো হইবে। থার্মোমিটার নলের বক্রের প্রস্থচ্ছেদ কত হইবে ?
কিচ সালফেট পারদেণ আঁপাত প্রসারণ গুণক $= 1.6 \times 10^{-4}$ per $^{\circ}\text{C}$.

[The capacity of a thermometer bulb is 1 c.c. It is desired to make the degree graduations on the scale 5 mm. apart. What must be the cross-section of the bore of the thermometer tube ? The co-efficient of apparent expansion of mercury in glass is 1.6×10^{-4} per $^{\circ}\text{C}$] [Ans. $.008$ sq. mm.]

১৮. একটি কাচের ফ্লাস্কে অত্যন্তরূপ আয়তন 680 c.c. ; উহা বর্ণনোক্ত স্থানীয় পারদ ভর্তি করিল ফ্লাস্কে বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনে অপরিবর্তিত থাকিবে।
পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণক $= 1.8 \times 10^{-4}$ per $^{\circ}\text{C}$ এবং কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক $= 2.5 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$

[The capacity of a glass flask is 680 c.c. What should be the volume of mercury to be put in the flask so that the volume of the remaining portion of the flask remains the same at all temperatures. The co-efficient of real expansion of mercury $= 1.8 \times 10^{-4}$ per $^{\circ}\text{C}$ and the co-efficient of cubical expansion of glass $= 2.5 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$] [Ans. 57.5 c.c.]

১০ 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ। ইহার অর্থ পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও।
পারদ ও জলকে 0°C হইতে উত্তর করিল ছুঁড়ন ব্যতীতই তদ্যং কোণায় "

[Water has maximum density at 4°C . Explain this statement fully. If mercury and water are gradually heated from 0°C , what would be the difference observed in their behaviour ?]

১১. হোপের পরীক্ষার দ্বারা কি প্রমাণিত হয় ? পরীক্ষার বিশদ বিবরণ দিয়া তোমার মন্তব্য বুঝাইয়া দাও।

[What does Hope's experiment prove ? Explain your answer giving a detailed account of the experiment.]

১২. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ কাকে বলে ? 2°C হইতে 20°C পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিমাপের উপযোগী থার্মোমিটার নিমাণে পারদেণ পরিবর্তে জল ব্যবহার কবিলে কি ফল হইবে ?

[What is anomalous expansion of water ? What would have been the consequence if water is used as the thermometric substance in a thermometer designed to read temperatures between 2°C and 20°C ?]

জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলিতে কি বোঝ ? 0°C হইতে 20°C পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের জলের আয়তন কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা একটি চিত্র আঁকিয়া বুঝাও। জলের ঘনত্ব 4°C তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ হয় তাহা কি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিতে পার ?

[What do you understand by 'anomalous expansion of water' ? Draw a diagram showing the change in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C . By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C ?] [H. S. (Comp) 1962]

14. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব দাও :—

- (ক) জলের উপর বরফ জমিলেও তলায় জল তবল অবস্থায় থাকে কেন ?
(খ) জমিয়া যাওয়া নদীতে মাহু বাঁচে কি দাবিয়া ?

[Answer the following questions :—

- (a) How does water remain in the liquid condition at the bottom while that on the surface has frozen ?
(b) How can fish live in a frozen river ?]

15. একটি বাক্সে একধণ্ড বরফ লইয়া বীকারে জল ঢালা হইল যতদূর না বীকারটি ক্রিয়ায় কানায় জলে ভর্তি হইল। বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলে বীকারেব জলের ভলিউম কি পরিবর্তন হইবে যদি (i) 0°C এ জল লওয়া হয়, (ii) 4°C এ জল লওয়া হয়, (iii) উত্তপ্ত জল লওয়া হয়।

[A piece of ice is taken in a beaker and water is poured in the beaker till it is at the point of overflowing. When the whole of ice melts, what will be the change in the water-level of the beaker when the water taken is (i) at 0°C (ii) at 4°C and (iii) hot]

16. তাপ প্রসারণে গ্যাসের প্রসারণ হইবার পীকার বর্ণনা কর। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ধারণে তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ করিতে হয় কেন ?

[Describe experiments to illustrate that gases expand on heating. Why is it necessary to mention temperature and pressure in considering volume expansion of a gas ?]

17. গ্যাসের সূত্র কি ? উহাদের ব্যাখ্যা কর। চার্লসের সূত্রের পৰ্য্যায়মূলক প্রমাণ কি ?

[What are gas laws ? Explain them. What is the experimental verification of Charles' law ?]

18. তাপমাত্রার সঠিক স্কেল কাহাকে বলে ? চার্লস সূত্র হইতে ঐ স্কেল কিরূপে পাওয়া যায় ? এই স্কেলকে “চরম স্কেল” বলিবার তাৎপৰ্য কি ?

[What is absolute scale of temperature ? Explain how Charles' law leads to the realisation of the scale. What is the significance of calling it “absolute scale” ?]

19. নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা ভিতর যে সম্পর্ক আছে উহা নির্ণয় কর।

[Establish the relation between the volume, temperature and pressure of a certain quantity of gas.]

২০. 15°C তাপমাত্রায় ও একটি নির্দিষ্ট চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করিয়া উহার আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। উহার বর্ধিত তাপমাত্রা কত হইবে?

[A certain quantity of gas at 15°C and at a particular pressure is heated to double its volume, pressure remaining same. What is the final temperature?] [Ans. 808°C]

২১. 0°C তাপমাত্রায় ও 740 mm. পারদের চাপে একটি পাত্রে 1000 litres গ্যাস আছে। যদি তাপমাত্রা 27°C -এ বর্ধিত করা হয় তবে উক্ত আয়তনযুক্ত গ্যাসের চাপ কত হইবে?

[A vessel contains 1000 litres of gas at 0°C and 740 mm. of mercury pressure. If the temperature be increased to 27°C , what would be the pressure of the gas, volume supposed to be constant?] [Ans. 818.1 mm.]

২২. 27°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 400 c.c.; যদি তাপমাত্রা 0°C ও চাপ 760 mm. হয় তবে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

[The volume occupied by a certain mass of gas at 27°C and 740 mm. of mercury pressure is 400 c.c. If the temperature be changed to 0°C and pressure to 760 mm. of mercury, what would be the volume of the gas?] [Ans. 354.4 c.c.]

২৩. 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে 100 c.c. গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। গ্যাস অধিকৃত স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পূর্ণ ছিল। স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? 20°C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ জলীয়-বাষ্পের চাপ = 17.4 mm

[100 c.c. of a gas are collected over water at 20°C and 760 mm. pressure, the space being saturated with aqueous vapour. Find the volume of dry gas at N. T. P. The maximum aqueous vapour pressure at 20°C = 17.4 mm.] [Ans. 91.01 c.c.]

২৪. একটি পাতলা কাঁচের বৃত্ত 27°C তাপমাত্রায় মনে করিয়া বন্ধ করা হইল। উক্ত বৃত্ত অভ্যন্তরীণ চাপ এক atmosphere; কণ্ঠটি সর্বাধিক যে আয়তন পর্যন্ত চাপ সহ্য করিতে পারে তাহা হইল 95 cm. পারদের চাপ। কত তাপমাত্রায় বৃত্তটি ফাটিয়া যাইবে?

[A thin glass bulb is sealed at 27°C , the internal pressure being 1 atmosphere. The maximum internal pressure the bulb can withstand is 95 cm. of mercury. At what temperature will the bulb burst?] [Ans. 102°C]

২৫. একটি ঘরের সাইজ 50 ft \times 80 ft \times 25 ft; ঐ ঘরের তাপমাত্রা 20°C হইতে 25°C বৃদ্ধি করিলে ঘরের বায়ু শতকরা কত ভাগ নিষ্কাস্ত হইবে? ঘরের বায়ুর চাপ অপরিবর্তিত মনে করিতে পার।

[The measurement of a room is 50 ft \times 80 ft \times 25 ft. If the temperature of the room is increased from 20°C to 25°C calculate what percentage of the air will be expelled from the room, the pressure remaining constant.]

[Ans. 17.1%]

26. গ্যাসের প্রসারণ গুণক কয় প্রকার? উহাদের সংজ্ঞা কি? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক কি?

[What are the co-efficients of expansion of a gas? What are their definitions? What is the relation between them?]

27. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুৱক কতকালে বলে? ইহা কি সকল গ্যাসের বেলায় সমান? ইহাৰ মান নির্ণয় কৰ।

[What is universal gas constant? Is it same for all gases? Determine its value.]

28. রেগনault's স্থির চাপ থার্মোমিটার বর্ণনা কৰ। ইহাৰ সাহায্যে কিরূপে আয়তন গুণক নির্ণয় কৰা যায়?

[Describe Regnault's constant pressure thermometer. How can you find the value of volume co-efficient with its help?]

29. স্থির চাপে 0°C হইতে 85°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোন গ্যাসের আয়তন 1 litre হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1.128 litre হইল। ইহা হইতে চাপমাত্রা গুণক মান নির্ণয় কৰ।

[A gas expands in volume from 1 litre to 1.128 litre due to a change of temperature from 0°C to 85°C , pressure remaining constant. Calculate from these data, the value of the absolute zero.] [Ans - 273°C]

[Objective Type Questions]

30. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির শূন্য স্থান পূর্ণ কৰ :-

- গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে—এবং—উল্লম্ব বিশেষ প্রয়োজন।
- স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও চাপ সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- তবেলৈব নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তলেব—বা—প্রসাৰণ সম্ভব নয়।
- 4°C তাপমাত্রায় তলেব ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা—।
- তাপমাত্রা চাপমাত্রা তলেব গুণক দাগ মোটিওয়েড তলেব—দাগেব সমান।
- তাপমাত্রা ঠিক বাধিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর—বৃদ্ধি বা হ্রাস কবিলে ঐ গ্যাসেব—চাপেব সহিত—পরিবর্তিত হইবে।
- সমান তাপ পাইলে সকল গ্যাসে—প্রসাৰণ—হয়।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

অবস্থা পরিবর্তন (Change of State)

কঠিন হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তর

5-1. সূচনা :

আমরা জানি পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে, যথা :—কঠিন, তরল ও বায়বীয়। যখন কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরলে বা তরল হইতে বায়বীয় অবস্থাতে অথবা বায়বীয় হইতে তরল ইত্যাদি এক অবস্থা হইতে অন্য কোন অবস্থাতে পরিবর্তিত হয় তখন তাহাকে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন বলা হয়।

5-2. গলন ও কঠিনীভবন (Melting and Solidification) :

ধর, একটুকরা বরফকে -10°C তাপমাত্রায় রাখা আছে। ঐ বরফ টুকরাতে যদি তাপ প্রয়োগ করা হয় তবে দেখা যাইবে যে উহার তাপমাত্রা বাড়িতেছে। (যখন তাপমাত্রা 0°C হইল তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু বরফ গলিয়া জল হইতে শুরু করিবে) যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রা 0°C থাকিবে। পরে বরফ-গলা হ'লব তাপমাত্রা আন্তে আন্তে বৃদ্ধি পাইবে।

তেমনি যদি থানিকটা বিশুদ্ধ তেল লইয়া ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা যায় তবে তেলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে। কিন্তু যখন তাপমাত্রা 0°C -এ পৌঁছাবে তখন ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তেলের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু তেল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তেল জমিয়া বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা 0°C থাকিবে। পরে বরফের তাপমাত্রা আন্তে আন্তে হ্রাস পাইবে।

উপরের ঘটনা হইতে বলা যায়, যে-কোন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে

কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। এই ব্যাপারকে **পদার্থের গলন** বলা হয়।

তেমনি, কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন হয়। এই ব্যাপারকে পদার্থের **কঠিনীভবন** বলা হয়।

5-3. পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক (Melting point and freezing point of a substance) :

কোন নির্দিষ্ট চাপে পদার্থ যে-তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত পদার্থের **গলনাঙ্ক** বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

কোন নির্দিষ্ট চাপে তরল যে-তাপমাত্রায় জমিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত তরলের **হিমাঙ্ক** বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমা যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

প্রায় সকল পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান। যেমন, সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে বরফ 0°C -এ গলিয়া তল হয়। আবার তল ঐ তাপমাত্রাতেই জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু কঠিন অ্যামল (ammonia) পদার্থ-ভুক্ত পদার্থ আছে—যেমন, চবি, মোম, কাচ ইত্যাদি—যগুলি গলিবার পূর্বে একপ্রকার থকথকে (viscous) অবস্থায় উপনীত হয়। এই পদার্থগুলির কোন বিশেষ নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাও বা উহাদের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান নয়। যেমন, কাগন 28°C এবং 33°C তাপমাত্রার মধ্যে গলে এবং 23°C ও 20°C -এর মধ্যে জমিয়া যায়। কিন্তু একদৃশ্য মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক ধ্রুৱক নয়। চাপের উপর উহা নির্ভর করে।

0°C তাপমাত্রার জলের সহিত 0°C তাপমাত্রার বরফের অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। কারণ 0°C তাপমাত্রার প্রতি

গ্রাম জল হইতে 80 calorie তাপ নিক্ষেপন করিলে 0°C তাপমাত্রার বরফ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, উপরোক্ত জল হইতে বরফে তাপ অনেক কম। এই কারণে বস্তু শীতলীকরণে 0°C তাপমাত্রাব জল অপেক্ষা 0°C তাপমাত্রার বরফ অনেক বেশী কাঙ্ক্ষকর।

5.4. গলনে বা কঠিনীভবনে আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume during melting or solidification) :

কঠিন পদার্থ তবলে পবিণত হইলে আয়তনের প্রসাৰণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পবিণত হইলে আয়তনেৰ সংকোচন হয়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা (cast iron), পিতল, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি পদার্থ এই নিয়মের ব্যতিক্রম। ইহাবা তবলে পবিণত হইলে আয়তনে সংকুচিত হয় এবং তবল অস্ফুট হইতে কঠিনে পবিণত হইলে আয়তনে প্রসাৰিত হয়। যথা, 0°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া বরফে পবিণত হইলে 12 c.c. হয় অর্থাৎ শতকরা 9 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়। ৩৬মিনি ঢালাই লোহা প্রায় শতকরা 7 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

শীতের দেশে যখন জল জমিয়া বরফে পবিণত হয় তখন আয়তন বৃদ্ধি। ফলশ্রুতি নানাবিধ অসুবিধা হয়। অনেক সময় দেখা গিয়াছে যে জলের পাইপে জল জমিয়া বরফে পরিণত হইয়াছে এবং তাহার ফলে আয়তন বৃদ্ধির জগু যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হইয়াছে তাহাতে জলের পাইপ ফাটিয়া গিয়াছে। প্রচণ্ড শীতে পাহাড়ের পাথরে একই কারণে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

জমিবার সময় জলের আয়তন বৃদ্ধির ফলে যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষার দ্বারা দেখানো যাইতে পারে।

মুখ আটকাইবার ক্ল-ছিপি সহ একটি লোহার ফ্লাস্ক সংগ্রহ কর। খানিকটা জল ফুটাইয়া উঠাব ভিতর হইতে দ্রবীভূত বায়ু অপসারণ করিয়া ফ্লাস্কটি এই জল দ্বারা পূর্ণ কর এবং মুখ ক্ল-ছিপি দ্বারা শক্তভাবে বন্ধ কর। এখন, এই ফ্লাস্কে হিমমিশ্রণের মধ্যে রাখিয়া দাও। দেখিবে কিছুক্ষণ পরে লোহার ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে। ইহাব কারণ এই যে ফ্লাস্কের ভিতরের জল জমিয়া গিয়া আয়তনে প্রসাৰিত হইতে চায় এবং ফ্লাস্কের গায়ে প্রচণ্ড বল প্রয়োগ করে। ইহাতে ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যায়।

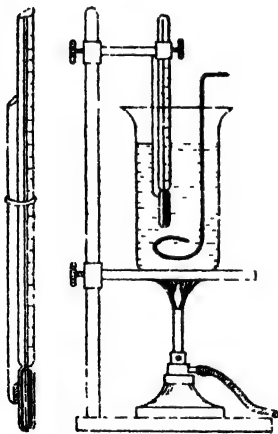
জলের ভিতর কিছু দ্রবীভূত বায়ু থাকিলে ক্লাস্কটি নাও ফাটিতে পারে। কারণ জলের আয়তন বৃদ্ধির ফলে যে অতিরিক্ত চাপের সৃষ্টি হয় তা বায়ুকে সংকুচিত করে এবং ঐ স্থান জল অধিকার করে। ঐ অবস্থায় ক্লাস্কেব দেওয়ালে খুব বেশী বল প্রযুক্ত নাও হইতে পারে।

কিন্তু লোহা বা পিতল যখন তবল হইতে কঠিনে পরিণত হয় তখন উহাদের আয়তন বৃদ্ধি অনেক বাঞ্ছনীয় হইয়া থাকে। ঢালাই করিবার সময় ছাঁচকে পুরাপুরি ভর্তি করিয়া ছাঁচেব ভিতর গলিত ধাতু ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং উহা যখন জমিয়া শক্ত হয় তখন আয়তনে বাড়িয়া ছাঁচকে পরিপূর্ণভাবে আটকিয়া ধরে। ফলে ঢালাইয়ের ধাবগুলি খুব সূক্ষ্ম হয় এবং অবিকল ছাঁচেব আকার পায়। টাইপ করিবার হরফগুলি একই পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়।

5-5. পদার্থের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of melting point of a substance) :

(ক) কৈশিক নল পদ্ধতি (Capillary tube method) :

একটি সূক্ষ্মরক্তবিশিষ্ট 4 ইঞ্চি লম্বা কৈশিক নল লও। যে পদার্থেব (তাপ-



কৈশিক নল দ্বারা গলনাঙ্ক নির্ণয়

চিত্র 5ক

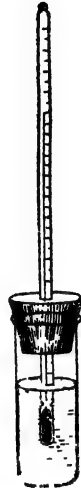
মুহূর্তে গলন শুরু হইবে তখনকাল তাপমাত্রা থার্মোমিটার হইতে পড়। সমস্ত পদার্থ গলিয়া যাওয়ার পর বানার সবাইয়া জল ঠাণ্ডা হইতে দাও। আস্তে আস্তে পদার্থটি জমিতে শুরু করিবে। সেই মুহূর্তে আবার থার্মোমিটারের তাপমাত্রা দেখ। এই দুই তাপমাত্রাব গড় হইল পদার্থটির গলনাঙ্ক।

খেলীন, মোম ইত্যাদি) গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তাহাব পানিকটা শুষ্ক করিয়া নলের ভিতর ঢকাইয়া নলের একমুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ কর। নলটি একটি থার্মোমিটারের সঙ্গে দাঁত (5ক নং চিত্র)। পবে উহাকে একটি চতুর্ভুজ পাত্রে এমনভাবে ডুবান যে কৈশিক নলের গোলামুখ স্তরের বাহিরে থাকে (চিত্র দেখ)। একটি বানাবেশ সাহায্যে এইবার খাজল আস্তে আস্তে গরম কর ও আলোড়ক দারা দল নাড়। উত্তপ্ত হইয়া কৈশিক নলের পদার্থ গলিতে শুরু করিবে। 'যে-

পবীক্ষাধীন পদার্থের গলনাঙ্ক জলের ফুটনাঙ্ক (boiling point) অর্থাৎ 100°C হইতে বেশী হইলে জল ব্যবহার করা চলিবে না। তখন এমন তরল ব্যবহার করিতে হইবে যাহার ফুটনাঙ্ক উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক হইতে বেশী। যেমন, মোম, ত্রাপথেলীন প্রভৃতির বেলাতে জল ব্যবহার করা যাইবে কিন্তু গন্ধকের বেলায় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হইবে।

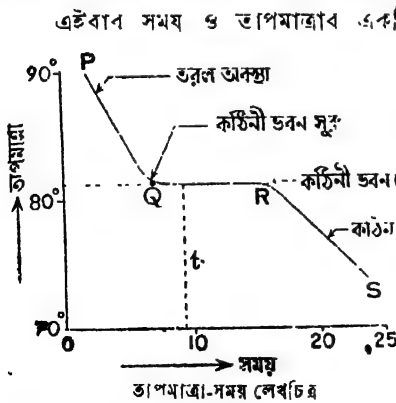
(খ) শীতলতার লেখচিত্র দ্বারা (By cooling curve):

একটি টেস্ট টিউবে পবীক্ষাধীন পদার্থের (মোম ইত্যাদি) খানিকটা লটয়া কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকান। এখন টেস্ট টিউবটি উত্তপ্ত করিয়া বস্তুটিকে গলাইয়া ফেল এবং গলিত বস্তু তাপমাত্রা আরো 10°C কে 15°C বোঝা কর। এইবার টেস্ট টিউবটি ঠাণ্ডা হইতে দাও এবং প্রতি আধমিনিট অন্তর থার্মোমিটার হইতে তাপমাত্রা দেখ (৫ম নং চিত্র)। তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং এক সময়ে আশ্চর্য্য বস্তুটি জমিয়া কঠিনে পরিণত হইতে শুরু করিবে। সেই সময় থার্মোমিটার তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখাটবে না। সমস্ত বস্তু জমিয়া গেলে এখন আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে থাকিবে। সমস্ত বস্তুটি জমিবার পর্বও কিছুক্ষণ তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।



গলনাঙ্ক নির্ণয়
ব্যবস্থা

চিত্র ৫খ



তাপমাত্রা-সময় লেখচিত্র

চিত্র ৫গ

axis) সহিত সমান্তরাল। ইহা হইতে বোঝা যায় যে ঐ সময় ধরিয়া বস্তুটি

বদলাব সময় এবং উল্লম্ব অক্ষ
বদলাব তাপমাত্রা নির্দেশ
করিতে হইবে। ৫গ নং
চিত্রে যেমন দেখানো
হইয়াছে লেখ-চিত্রটি এরূপ
হইবে। লেখ-চিত্রটি লক্ষ্য
করিলে দেখা যাইবে যে
খানিকটা অংশ (Q হইতে
R) সময়ের অক্ষের (time

জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতেছিল। কারণ আমরা জানি যে কঠিনা-
ভবনের সময় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই ঐ অংশের আন্তঃকণিক
তাপমাত্রা পদার্থটির হিমাঙ্ক অথবা গলনাঙ্কের সমান।

লেখচিত্রের PQ অংশ বস্তুব তরল অবস্থা নির্দেশ করে। Q বিন্দুতে
কঠিনীভবন শুরু হয় এবং R বিন্দুতে সমস্ত পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়। অতঃপর
RS অংশ পদার্থেব কঠিন অবস্থা নির্দেশ করে।

কয়েকটি পদার্থের গলনাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	গলনাঙ্ক	পদার্থ	গলনাঙ্ক
হালা	1083°C	ঢালাঠালা	1200°C
পিঁহল	1000°C	টিন	232°C
সোনা	1063°C	হাপথেলীন	80°C
কপা	960°C	মোম	52-58°C
সীসা	327°C	বরফ	0°C
টাংস্টেন	3000°C	সালফিউরিক	10.5°C
		অ্যাসিড	

৬. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effect of pressure on melting point) :

আগেই বলা হইয়াছে যে, পদার্থেব গলনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভর করে।
চাপ ও গলনাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্ক নিম্নরূপ :

(1) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থেব আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাঠালা
জোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বাড়ি কবিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়
অর্থাৎ উত্তারা কম তাপমাত্রায় গলে। ইহার সঠিক কারণ এই যে বৃদ্ধি চাপ
পদার্থটির আয়তন সংকোচনের সন্নিবিষ্ট করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাঙ্ক
কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, যেমন—মোম
ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি কবিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় অর্থাৎ উত্তারা

বেশী তাপমাত্রায় গলে। ইহারও সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন বৃদ্ধির অস্বীকার করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাক্ষ বৃদ্ধি পায়।

পরীক্ষা : AB একটি শক্ত লোহার চোঙ। এই চোঙের তলা একটি স্ক্রু-প্লগ (screw-plug) D দ্বারা আটকানো না গোলা যাঁইতে পারে। C একটি হাতলসহ স্ক্রু-পিস্টন। চোঙটিকে আর্বেক ত্রলপূর্ণ কর এবং হিমমিশ্রণেব সাহায্যে জলকে জমাটয়া বরফে পরিণত কর। এই বরফের উপর একটি খাতব বল বাব। এতদাব চোঙটিকে বরফে বেষ্টিত করিয়া হাতল দ্বারা পিস্টন দ্বারা বরফের উপর চাপ প্রয়োগ কর। এখন D-স্ক্রু ঘূর্ণিত করিলে দেখা যাইবে যে খাতব বলটি তলায় চাপিয়া আনিয়াছে কিঞ্চি ভিতরেব বরফ তেমনি জমাট অবস্থায় আছে (উপস্থাপিত)। ইহা কি করিয়া হয়?

পিস্টন দ্বারা বরফের উপর চাপ প্রয়োগ করিলে বরফের গলনাক্ষ কমিয়া যায়। অর্থাৎ, বরফ 0°C-এব দ্রব তাপমাত্রায় গলিত হয়, জন্ম হয়। চতুর্দিকস্থ তাপমাত্রা 0°C থাকিলে বরফ চাপ-প্রয়োগস্থলের বরফ গলিয়া গেল হয় এবং খাতব বল নীচে নামে। কিন্তু যখন চাপ কমিয়া যাই তখন বরফ গলিয়া গেল অবস্থায় পুনর্বার বরফে পরিণত হইয়া উঠে। এতদ্বারা জন্ম হয় নীচে নামিবে এবং উপরে। এই প্রক্রিয়া বরফে চলতে থাকে। এই পরীক্ষা দাবছটি মৌসন (Mousson) উদ্ভাবন করেন।



5-7. গুলনবিভীভবন (Regelation) :

ভূত টুকরা বরফ অত্র কণিয়া চাপ দিয়া উত্থািত হ্রোত লগিমা হয়, ইহা হোময়া জান : শিলাপট্টা সমস্ত কত্রকণ্ডা শিলা এবত কণিয়া চাপ দিয়া বড গোলা তৈয়াবী হোমবা অনেক কণিয়াত। মেন অত্রকণ হয়?

যখন বরফ টুকরা চোঙের উপর চাপ দেওয়া হয় তখন উভয়ের সংযোগস্থলের গলনাক্ষ 0°C অপেক্ষা কমিয়া যায়। কিন্তু বরফের তাপমাত্রা 0°C কাছের সংযোগস্থলের তাপমাত্রা গলনাক্ষের বেশী হওয়ায় এই স্থানের বরফ

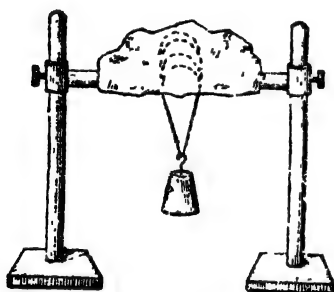
কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে না; গলিয়া জল হয়। যেই চাপ ছাড়িয়া দেওয়া হয় তখন সংযোগস্থলের গলনাক আবার বাড়িয়া যায়। স্ততরাং সংযোগস্থলের বরফ গলা জল জমাট বাধিয়া দুই টুকরাকে জোড়া লাগাইয়া দেয়।

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন (Regelation) বলা হয়।

নিম্নলিখিত পৰীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন খুব সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

Bottomley-র পরীক্ষা :

বরফের একটি বড় টুকরা দুইটি অবলম্বনেব (support) উপর রাখা আছে। একটি সূক্ষ্ম তার তার বরফের উপর ঝুলাইয়া উহার দুই প্রান্ত



Bottomley-র পরীক্ষা

চিত্র 5৬

জোড়া লাগাও এবং ঐখান হইতে একটি বরফের গ্রামের বাইথারা ঝুলাইয়া দাও (5৬ নং চিত্র)। দেখা যাইবে যে কিছু সময় পর তারটি বাইথারাসহ বরফ কাটিয়া বাহির হইয়া আসিল কিন্তু বরফ টুকরাটি যেমন অবিভক্ত ছিল তেমনই বহিল।

ইহাব কারণ এই যে তারটি সূক্ষ্ম হওয়ায় এবং তখন ঝুলাইয়া দেওয়ায়

তাদের নীচে বরফের উপর বেশ চাপ পড়ে। ফলে সেই স্থানের বরফের গলনাক কমিয়া যায় এবং বরফ গলিয়া জল হয়। ইহাব জগৎ যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহা তার ও বায়ু সরবরাহ করে। এইজগৎ চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ুব তাপমাত্রা খুব কম থাকিলে এই ধবনের ব্যাপার ঘটিবে না। এখন তারটি ঐ জল ভেদ করিয়া খানিকটা নীচে নামে। সঙ্গে সঙ্গে জলের চাপ কমিয়া যায় এবং উহার গলনাক বৃদ্ধি পায়। স্ততরাং বরফ গলা জল আবার জমাট বাধিয়া যায়। এত ঘনীভবনের ফলে কিছু লীন-তাপ ঐ জল পরিত্যাগ করে এবং ঐ তাপ তাহার তার দ্বারা পরিবাহিত হইয়া নীচে চলিয়া যায় ও নীচের বরফকে গলিবার জগৎ সাহায্য করে। এইভাবে আস্তে আস্তে তারটি বরফ কাটিয়া

বাহির হইবে কিন্তু বরফ টুকরাটি দুইটি ভাগে ভাগ হইবে না, কারণ তারি নীচে নামিবার সঙ্গে সঙ্গে উপরের জল জমাট বাধিবে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে ইহা সহজে বোঝা যায় যে এই পরীক্ষা সাফল্য-মণ্ডিত করিতে হইলে তারি তাপের সুপরিবাহী এবং সরু হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য সাধারণত সরু তামার তাব লওয়া হয়। সূচী লইলে ইহা মাদৌ হইবে না কারণ সূচী মোটেই তাপ পরিবহণ করে না।

5-8. দ্রবণের হিমাঙ্ক (Freezing point of a solution) :

যখন কোন বস্তুকে কোন তরলে দ্রবীভূত করা যায় তখন দেখা যায় দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক উক্ত তরলের হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম। যেমন, লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে যে লবণ-গোলা জল পাওয়া যায় তাহা হিমাঙ্ক জলের হিমাঙ্ক অর্থাৎ 0°C অপেক্ষা 2°C কম।

কিন্তু যখন কোন দ্রবণ জমিতে তরু কবে তখন বিশুদ্ধ দ্রাবক (pure solvent) কেবলমাত্র দ্রবণ হইতে পৃথক হইয়া পড়ে এবং দ্রবণ একশতক হইতে শুরু করে। এই ঘটনাকে প্রয়োগ করিয়া শীতলতাবিন্দে সমুদ্র-জল হইতে লবণ প্রস্তুত করা হয়। সমুদ্র-জল প্রায় -2°C তাপমাত্রায় জমিতে আসিত্ত করে। যত সমুদ্র-জল জমে তত বিশুদ্ধ জল তাহা হইতে পৃথক হইয়া পড়ে এবং নির্দিষ্ট পরিমাণ সমুদ্র-জলে তত লবণের শতকরা পরিমাণ বাঢ়িয়া যায়। তবে এই সমুদ্র-জলকে উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয় এবং লবণ পৃথক করিয়া লওয়া হয়।

শীতের দেশে মোটর বেডিয়েটাবে জল জামিয়া বেডিয়েটার নলকে ফাটিয়া ফেলিতে পারে। ইহা নিবারণের জন্ম জলের সহিত গ্লাইকল বা গ্লিসারিন মিশানো হয়। ইহাতে মিশ্রিত জলের হিমাঙ্ক কমিয়া যায়।

হিমমিশ্রণ (Freezing mixtures) :

তিনভাগ শুঁড়া বরফ ও একভাগ লবণ মিশাইলে যে-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহা তাপমাত্রা -23°C । এই ধরনের মিশ্রণকে হিমমিশ্রণ বলে। সাধারণত কোন কঠিন পদার্থ কোন তরলে দ্রবীভূত হইলে সমগ্র মিশ্রণের তাপমাত্রা কমিয়া যায়। তাহা কারণ নিম্নরূপ।

আমরা জানি যখন কোন কঠিন পদার্থ কঠিন অবস্থা হইতে তরলে কপান্তরিত হয় তখন উক্ত পদার্থ কিছু পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে যাহা গলিত

পদার্থে লীন (latent) অবস্থায় থাকে। কঠিন পদার্থটিকে কোন দ্রাবকে (solvent) দ্রবীভূত হইতে দিলে পদার্থ উক্ত তাপ দ্রাবক হইতে সংগ্রহ করে। ফলে সমগ্র মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং তাপমাত্রা কমিয়া যায়। বরফ ও লবণ মিশাইলে, প্রতি গ্রাম বরফ দ্রবণ এক বরফের গায়ে লাগানো জল হইতে 80 ক্যালরি তাপ সংগ্রহী করিয়া জলে পরিণত হইবে। সুতরাং বরফ-লবণ মিশ্রণের তাপমাত্রা যথেষ্ট কমিয়া যাইবে।

এইরূপ সমপরিমাণ জল ও অ্যানোনিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণের তাপমাত্রা -15°C হয়।

হিমমিশ্রণকে নানাক্রমে কাজে লাগানো হয়। সাধারণত পচনশীল বস্তু হিম-মিশ্রণে আত্মত কবিতা রাখিলে কিছুদিন টাটকা থাকে। এইজন্য মাছ চালান দেশেরা সমস্ত বরফ-লবণের হিমমিশ্রণে মাছ সংরক্ষণ করিয়া চালান দেশেরা হয়। ক্লো-বরফ তৈরী করিতেও বরফ-লবণের হিমমিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

5-9. গলনের নিয়ম (Laws of fusion) :

গলন ও কঠিনীভবন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রেই আনা যাবে লেখা যাইবে :—পরে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে গলনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) কোন নির্দিষ্ট চাপে প্রত্যেক পদার্থে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে এবং যতক্ষণ তা সমস্ত পদার্থটি গলিয়া যায় ততক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। এই তাপমাত্রাকে উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—চালাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে এই সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

(3) দুই বা ততোধিক ধাতু মিশ্রণে কোন সংকব ধাতু (alloy) গলনাঙ্ক উহাব উপাদান ধাতুগুলির গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম হয়। যেমন, ব্রালাই কবর বাংরা, সীসা ও টিনের সংমিশ্রণে তৈরী হয় এবং উহার গলনাঙ্ক 180°C ; কিন্তু সীসার গলনাঙ্ক 327°C এবং টিনের গলনাঙ্ক 232°C ।

সংকর খাতুর গলনাক্রম কম হওয়ায় অনেক সময় ইহাকে অগ্নি নির্বাপক এবং সতর্কীকরণ ব্যবস্থায় কাজে লাগানো হয়।

(4) দ্রবণের (solution) হিমাক্ত দ্রাবকের (solvent) হিমাক্ত অপেক্ষা কম।

(5) প্রত্যেক পদার্থের গলনের বা কঠিনত্বের লীন-তাপ ধ্রুবক (constant) কিছু বিভিন্ন পদার্থের বেলাতে ইহা বিভিন্ন।

তরল হইতে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তর

5-10. বাষ্প এবং বাষ্পীভবন (Vapour and Vaporisation) :

কোন তরলের বায়বীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বনে। পৃথক বলা হইয়াছে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল বাষ্পে পরিণত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিবে বাহ্য বাষ্পে লীন অবস্থায় থাকে। এই তাপকে বাষ্পীভবনের লীন-তাপ বলে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে গ্যাস ও বাষ্প এক জিনিস নহে। ইহাদের মধ্যে পার্থক্য বুঝিয়া রাখা উচিত। আমরা সাধারণভাবে এই দুইটি কথার ভিত্তিতে কোন পার্থক্য স্থগিত করি না : একই অর্থে দুইটি কথাকেই ব্যবহার করিয়া থাকি। কিন্তু তাহা ঠিক নহে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্পকে য-কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া চাপ প্রদান করিলে উহা পুনরায় তরলীভূত হয় না। তরলীভূত করিতে হইলে বাষ্পকে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অথবা উহা হইতে কম তাপমাত্রায় রাখিয়া চাপ প্রদান করিতে হইবে। ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় সংকট-তাপ-মাত্রা (critical temperature)। কোন বাষ্প সংকট-তাপমাত্রার নিম্নে থাকিলেই উহাকে বাষ্প বলা উচিত, আর সংকট-তাপমাত্রার উর্ধ্বে থাকিলে উহাকে গ্যাস বলা উচিত।

5-11. বাষ্পীভবনের বিভিন্ন উপায় (Different ways of vaporisation) :

বাষ্পীভবন তিন রকম উপায়ে হইতে পারে। যেমন—(1) বাষ্পায়ন (evaporation), (2) ফুটন (boiling or ebullition), (3) উর্ধ্বপাতন (sublimation).

(1) বাষ্পায়ন :

ধীরে ধীরে তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয় এবং যে-কোন তাপমাত্রায় হইতে পারে। গরমকালে নদী, পুকুর শুকাইয়া যাওয়া, খোলা পাঞ্জে খানিকটা জল রাখিয়া দিলে কিছুদিন পরে তাহা উবিয়া যাওয়া, ভিজাকাপড রৌদ্রে দিলে শুকাইয়া যাওয়া প্রভৃতি বাষ্পায়নের দরুন হয়।

(2) ফুটন :

খুব দ্রুত তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে ফুটন বলা হয়। ফুটন জলের বা তরলের সমস্ত অংশ হইতে সংঘটিত হয় এবং পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

(3) উর্ধ্বপাতন :

কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি বাষ্পে পরিণত হওয়াকে বলা হয় উর্ধ্বপাতন। উর্ধ্বপাতনে বস্তু তরল অবস্থায় পরিণত হয় না। কপূর, জাপথেলোন প্রভৃতি পদার্থ সোজাসুজি শাধারণ তাপমাত্রাতেই কঠিন হইতে বাষ্পে পরিণত হয়।

5-12. বাষ্পায়ন ও ফুটনের পার্থক্য (Difference between evaporation and boiling) :

বাষ্পায়ন ও ফুটন—এই দুই পদ্ধতির ভিত্তে নিম্নলিখিত প্রভেদ বর্তমান :

(1) ফুটন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু বাষ্পায়ন অতি ধীরে ধীরে হয়।

(2) ফুটন তরলের সমগ্র অংশ ব্যাপিয়া হয়, কিন্তু বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয়।

(3) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে ফুটন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয় কিন্তু বাষ্পায়ন সকল তাপমাত্রাতেই হইয়া থাকে।

5-13. বাষ্পায়নের হার পরিবর্তনের কারণ (Factors influencing rate of evaporation) :

নিম্নলিখিত কারণগুলির জ্ঞান বাষ্পায়নের হার পরিবর্তিত হয়।

(1) বায়ুর শুষ্কতা :

বায়ু যত শুষ্ক হইবে অর্থাৎ জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ কম থাকিবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে। এই কারণে বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকাইতে দেখা যায়।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ :

বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে সম্পূর্ণ বায়ু-শূন্য স্থানে (যেখানে চাপ শূন্য) বাষ্পায়ন অতি দ্রুত সংঘটিত হয়।

(3) তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা :

তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে বাষ্পায়নের হারও বৃদ্ধি পায়। তাই গ্রীষ্মকালে পুকুর, ডোবা প্রভৃতি জলাশয়ের জল দ্রুত শুকাইয়া যায়।

(4) তরলের উপরিভলের ক্ষেত্রফল :

তরলের উপরিভলের ক্ষেত্রফল যত বেশী বিস্তৃত হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হয়। এই কারণে কাপ হইতে চা ডিশে ঢালিলে চা দ্রুত ঠাণ্ডা হয়।

(5) তরলের প্রকৃতি :

তরল যত উষ্মীয় (volatile) হইবে অর্থাৎ কটনাক্ষর কম হইবে, উষ্ণ তরল হইতে বাষ্পায়নও তত দ্রুত হইবে। তাই স্পিরিট, ইথার, অ্যালকোহল, পেট্রোল প্রভৃতি দ্রুত বাষ্পীভূত হয়।

(6) বায়ু চলাচল :

তরলের উপর দিয়া যত বায়ু চলাচল হইবে তরল তত শীঘ্র বাষ্পীভূত হইবে। এইজন্য হাওয়া দিলে ভিজা কাপড় বা উষ্ণ তরল তাড়াতাড়ি শুকাই বা ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

5-14. বাষ্পায়নে নৈত্যের উৎপত্তি (Cold caused by evaporation) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরল বাষ্পে পরিণত হইতে গেলে কিছু লীন-তাপ গ্রহণ করে। বাহির হইতে এই তাপ প্রদান না করিলে, তরল নিজ দেহ

হইতে অথবা পরিপার্শ্ব হইতে তাপ সংগ্রহ করিয়া আস্তে আস্তে বাষ্পে পরিণত হইবে। সুতরাং তরল অথবা পরিপার্শ্ব ইহার ফলে শীতল হয়। নিম্নলিখিত কতকগুলি উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যাইবে।

(1) হাতে কয়েক ফোঁটা স্পিরিট ফেলিলে হাত খুব ঠাণ্ডা মনে হয়। ইহার কারণ স্পিরিট উদ্বায়ী বলিয়া খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্ম প্রয়োজনীয় তাপ হাত হইতে সংগ্রহ করে। ফলে হাত খুব শীতল হয়। একই কারণে জ্বর হইলে কপালে ওডিকোলনেব পটি বা জলপটি দেওয়া হয়। জলপটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইবার সময় দেহ হইতে তাপ লয় এবং ইহাতে জ্বর কমিয়া যায়।

(2) গাত্র হইতে যখন ঘাম বাহির হয় তখন পাখার হাওয়া দিলে দেহ শীতল হয়। কাবণ হাওয়া দিলে ঘাম বাষ্পে পরিণত হইতে সুবিধা পায় এবং দেহ হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে দেহ ঠাণ্ডা হয়।

(3) গরমের দিনে পানীয় জল ঠাণ্ডা করিবার জন্ম জল মাটির কুঁদ্রায় রাখা হয়। কুঁদ্রা মাটিব তৈয়ারী বলিয়া ইহার গায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া সবদা জল চোয়াহরা বাহিরে আসে এবং বাষ্পে পরিণত হয়। ইহার জন্ম প্রয়োজনীয় লীন-তাপ কুঁদ্রার গাত্র সরববাহ কবে এবং কুঁদ্রা ঠাণ্ডা হইয়া যায়। সুতরাং কুঁদ্রাব অভ্যন্তরস্থ জলও ঠাণ্ডা হইয়া যায়। কিন্তু কাচের পাত্র বা কাঁসার পাত্রে জল রাখিলে জল তত ঠাণ্ডা হয় না। কারণ এই পাত্রের গায়ে ছিদ্র থাকে না এবং বাষ্পায়নের কোন সুবিধা থাকে না। পাত্রের মুখ হইতে যেটুকু বাষ্পীভূত হইবার তাহাই হয়। সেজন্য জল তেমন ঠাণ্ডা হইতে পারে না।

(4) গরমের দিনে ঘরের জানালায় 'খস্‌খস্‌' ঝুলাইয়া তাহাতে জল ছিটাইয়া ঘর ঠাণ্ডা রাখা হয়। ইহার কারণ এই যে খস্‌খসের জল খস্‌খস্‌ হইতে লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে খস্‌খস্‌ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং খস্‌খসের ভিতর দিয়া ঘরে যে-হাওয়া আসে তাহাও ঠাণ্ডা হয়।

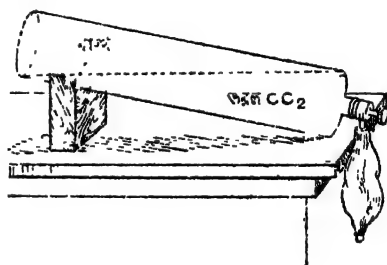
(5) ভিজা জামা-কাপড় গায়ে শুকাইলে সর্দি লাগে। এইজন্য ভিজা জামা-কাপড় গায়ে দিয়া থাকিতে নাই। জামা-কাপড়ের জল গা হইতে তাপ

লইয়া বাষ্পীভূত হয়। তাহাতে গা হঠাৎ শীতল হইয়া পড়ে। তখন ঠাণ্ডা লাগিয়া সর্দি হইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়।

বাষ্পায়নে যে শৈত্যের উৎপত্তি হয় তাহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ-কল তৈয়ারী হইয়াছে। এই কলে তরল অ্যামোনিয়াকে বাষ্পায়নের সুযোগ দিয়া শৈত্য সঞ্চার করা হয় এবং শৈত্যের ফলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

রেফ্রিজারেটরও উপরোক্ত প্রক্রিয়া অনুসাবে কাজ করে। রেফ্রিজারেটরের অভ্যন্তর খুব শীতল বলিয়া উহার ভিতর মাংস, ডিম, ফল প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যাদি বহুদিন অবিকৃতভাবে রাখা যায়।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সৃষ্টি এবং তাহা দ্বারা তৎকালে কঠিনীভবন হইবার একটি চমৎকার উদাহরণ হইতেছে শুষ্ক-বরফ (dry ice) প্রস্তুত-প্রণালী। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড জমিয়া গেলে যাহা হয় তাহাকেই আমবা শুষ্ক বরফ বলি। একটি চোঙাকৃতি পাত্রে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড রাখা হয় এবং পাত্রটিকে একটু কাত করলে পাত্রের মুখে একটি ভালভ হইতে তরল কার্বন ডাই-



চিত্র 5৮

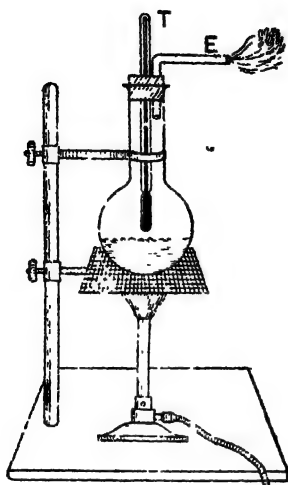
অক্সাইড তীব্র ধারায় বাগিষা হইয়া আসে। এই তরলের দ্রুত বাষ্পায়নের ফলে উহা খুব ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহার এক অংশ জমিয়া কঠিন হয়। পাত্রের মুখে সঙ্গে আটকানো একটি মসলীনের তৈরী ব্যাগে উহা সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 5৮)।

শুষ্ক বরফের তাপমাত্রা -78°C , কাজেই উহা খুব শীতল। এই কারণে শীতলীকরণের নানা প্রক্রিয়ায় উহার ব্যবহার দেখা যায়।

5-15. তরলের স্ফুটন (Boiling of a liquid) :

কিভাবে তরলের স্ফুটন সংঘটিত হয় এবং কি অবস্থায় বলা যাইবে পারে যে তরলের স্ফুটন হইতেছে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে সুন্দররূপে বোঝা যাইবে।

: একটি কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। ফ্লাস্কের



তরলের স্ফুটন
চিত্র ৫৬

মুখ একটি রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ কর। ছিপির একটি ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার (T) এবং আর একটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো কাচনল (E) ঢুকাও। দেখিও যেন থার্মোমিটারের কুণ্ডলি জলের একটু উপরে থাকে (চিত্র ৫৬)। ফ্লাস্কটি চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ অবলম্বনেব (support) সহিত আটকাও এবং তলায় একটি তারের জাল বাথ। অতঃপর বানাবেব সাহায্যে ফ্লাস্ককে আশ্রয় আশ্রয় উত্তপ্ত কর।

প্রথম প্রথম জল একটু উত্তপ্ত হইলে দেখিবে যে জলের উপর-তল

হইতে কিছু কিছু বাষ্প উঠিতেছে এবং জলে দ্রবীভূত বায়ু বুদবুদের আকারে জল হইতে বাহির হইয়া পাত্রের গায়ে জমিতেছে। থার্মোমিটারেব দিকে লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়িতেছে। যখন পানদ প্রায় $70^{\circ}/80^{\circ}\text{C}$ লাগ স্পর্শ করিবে তখন ফ্লাস্কের তলায় জলীয়-বাষ্পের বুদবুদ গঠিত হইতে দেখা যাইবে। এই বুদবুদগুলি উপরে উঠিয়া অপেক্ষাকৃত শীতল জলের সংস্পর্শে আসিয়া ভাঙিয়া যাইবে। এই সময় একটা শোঁ শোঁ শব্দ (simmering sound) শোনা যাইবে। অবশেষে যখন তাপমাত্রা $98^{\circ}/99^{\circ}\text{C}$ কাছাকাছি হইবে তখন বুদবুদগুলি তলা হইতে উপরে আসিয়া ফাটিয়া পাড়িবে এবং সমগ্র তরল পদার্থে একটা আলোড়নের সৃষ্টি হইবে। তখন E কাচনল দিয়া প্রচুব স্টীম বাহির হইতে থাকিবে এবং থার্মোমিটারে তাপমাত্রা স্থির হইবে। তখন বলা যাইবে যে জলের স্ফুটন হইতেছে। স্ফুটনকালে তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকিবে।

5-16. তরলের স্ফুটনাঙ্কের সংজ্ঞা :

যে-তাপমাত্রায় কোন তরলের স্ফুটন হয় তাহাকে উক্ত তরলের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) বলা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে

পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর ঐ তাপমাত্রা নির্ভরশীল।

প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক (normal) ফুটনাক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক ফুটনাক বলে। যেমন, স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে জলের 100°C তাপমাত্রাতে ফুটন হয়। সুতরাং 100°C জলের স্বাভাবিক ফুটনাক।

100°C তাপমাত্রায় জল এবং ঐ জল হইতে উৎখিত স্টীমের ভিতর অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। উভয়ের তাপমাত্রা 100°C হইলেও প্রতি গ্রাম জল অপেক্ষা প্রতি গ্রাম স্টীমে 537 calorie তাপ বেশী আছে। জলকে 100°C তাপমাত্রাতে উত্তপ্ত করিলেই স্টীম নির্গত হইবে না। প্রতি গ্রাম জলে আধা 537 calorie তাপ সরবরাহ করিলে তবে জল হইতে স্টীম নির্গত হইবে। অন্তর্নিহিত তাপের পার্থক্য হেতু 100°C তাপমাত্রায় জলে হাত ঘেঁষা পুড়িবে স্টীমে সংস্পর্শে হাত অনেক বেশী পুড়িয়া যাইবে।

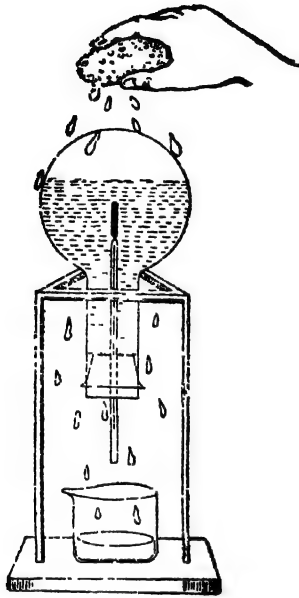
5-17. ফুটনাকের উপর চাপের প্রভাব (Effects of pressure on boiling point):

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন তরলের ফুটনাক তরলের উপরিস্থ তলে যে চাপ পড়িতেছে তাহার উপর নির্ভরশীল। চাপ কমাইলে তরলের ফুটনাক কমিয়া যায় অর্থাৎ, তরল কম তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ বাড়াইলে ফুটনাক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তরল বেশী তাপমাত্রায় ফোটে। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষাবারা ইহা সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

(1) চাপ-হ্রাসে ফুটনাকের হ্রাস : * Franklin-এর পরীক্ষা :

একটি গোল তলাযুক্ত কাচের পাত্র অর্ধেক জলভর্তি করিয়া জল ফুটাও। জলের বাষ্প পাত্র হইতে সমস্ত বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার একটি কঁক দিয়া পাত্রের মুখ বন্ধ কর এবং কঁকের কুটা দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। পাত্রটিকে গরম করা বন্ধ কর এবং 5জ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐ বকম উন্টা করিয়া বসানো। জলের উপরের জায়গা জলীয় বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকিবে। আগুন সবাইয়া লইবার ফলে জলের ফুটন

বন্ধ' হইবে। এইবার পাত্রে উপর ঠাণ্ডা জল ঢাল। দেখিবে জল পুনরায় ফুটিতে শুরু করিয়াছে অথচ থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C হইতে কয়েক ডিগ্রী কম। এইরূপ হইবার কারণ কি?



চাপ-হ্রাসে ফুটনাঙ্কের হ্রাস :
Frankling-এর পরীক্ষা
চিত্র 5জ

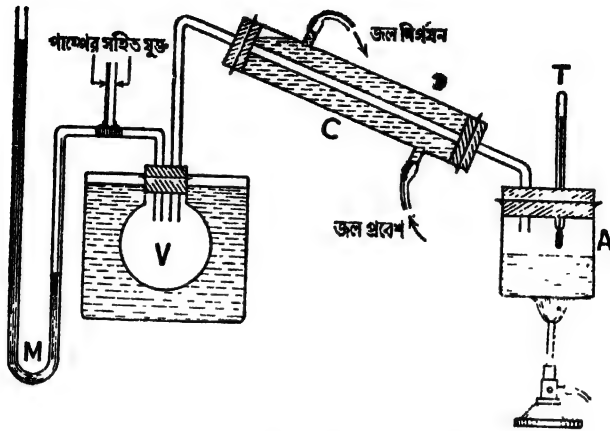
ঠাণ্ডা জল ঢালার দরুন পাত্রে অভ্যন্তরস্থ জলীয় বাষ্পের থানিকটা তরলে পরিণত হয়। ফলে তরলে উপরের চাপ অনেক হ্রাস পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে ফুটনাঙ্কও হ্রাস পায়। জলের তাপমাত্রা আন্তরিক ফুটনাঙ্কের বেশী থাকায় ঐ কম তাপমাত্রাতেই পুনরায় জল ফুটিতে শুরু করে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ হয় যে চাপ হ্রাসে ফুটনাঙ্কের হ্রাস হয়।

চাপ-হ্রাসে ফুটনাঙ্কের হ্রাস—এই ঘটনা নানা শিল্পপ্রতিষ্ঠানে প্রযুক্ত হয়। উদাহরণ স্বরূপ কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থ—যেমন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত প্রণালীতে, চিনির হরণ হইতে চিনির কেলসন প্রস্তুত প্রণালীতে ইহাব প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

(2) চাপ-বৃদ্ধিতে ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি : Regnault-এর পরীক্ষা :

এই পরীক্ষার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা 5ক নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল। V একটি বায়ুপূর্ণ তামার বতুলাকার পাত্রঃ ইহার সাহিত একটি সরু নল দ্বারা বায়ুনিরুদ্ধ তামার ফুটন-পাত্র (boiler) A সংযুক্ত। ঐ নলকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য উহার গায়ে আর একটি জলের মোটা পাইপ C লগানো আছে। এই ব্যবস্থাকে শীতক (condenser) বলে। উহার একমুখ দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবেশ করে এবং অগ্নিমুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। A ফুটন-পাত্রে পরীক্ষাধীন তরল লইয়া উহার ভিতর একটি থার্মোমিটার T এমনভাবে ঢুকানো থাকে যে থার্মোমিটার তরলের থানিকটা উপরে থাকে। V-পাত্রটি একটি জলগাহের (water-bath) মধ্যে

রাখা হয় বাহাতে উহার তাপমাত্রার তারতম্য না ঘটে। এই V-পাত্রের সহিত একটি বায়ুসংযমন পাম্প ও একটি ম্যানোমিটার-M যুক্ত থাকে। পাম্প দ্বারা



চাপবৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কে বৃদ্ধি : Rognault-এব পৰীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 5২

V-পাত্রের বায়ু চাপ বৃদ্ধি করা যায় এবং ম্যানোমিটার দ্বারা ঐ চাপ পরিমাপ করা হয়।

কার্যপ্রণালী :

প্রথমত V-পাত্রেব বায়ু চাপ বাহিবেব বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া A-পাত্র গরম কব। পাত্রেব তরল বাষ্প হইয়া C-শীতক বেষ্টিত সরু নলে প্রবেশ করিবে কিন্তু শীতক দ্বারা ঠাণ্ডা হইয়া পুনরায় তরল অবস্থায় A-পাত্রে ফিরিয়া আসিবে। ইহার ফলে তরলের উপর চাপের কোন তারতম্য হইবে না—ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমানই থাকিবে। ক্রমাগত তাপ প্রদান করাতে এক সময় স্ফুটনপাত্রের তরল ফুটিতে শুরু করিবে। তখন থার্মোমিটার একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা দেখাইবে। ইহাই তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক।

এইবার পাম্প চালাইয়া V-পাত্রের বায়ু চাপ বৃদ্ধি কর বাহাতে ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যায়। ইহার ফলে তরলের উপরেব চাপও বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে। এইবার স্ফুটনপাত্রে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে যে যখন তরল ফুটিতে আরম্ভ করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা

পূর্বের ফুটনাক হইতে অনেক বেশী। এইভাবে V-পাত্রের বায়ু-চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি করিলে তরলের ফুটনাকও ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

চাপহ্রাসে ফুটনাক হ্রাস পায়—ইহাও এই পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যাইতে পারে। ইহার জন্য V-পাত্রের সহিত বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প (exhaust pump) লাগাইয়া পাত্র হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইতে হইবে। ইহাতে ফুটনপাত্রের তরলেব উপরিস্থ চাপ হ্রাস পাইবে এবং দেখা যাইবে যে তরল অনেক কম তাপমাত্রায় ফুটিতেছে।

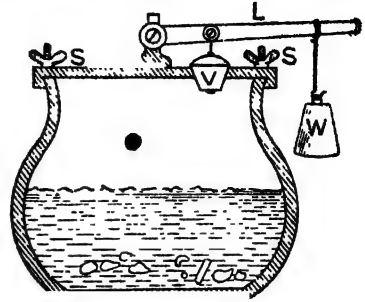
পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে প্রত্যেক 27 mm. বায়ুর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে জলের স্বাভাবিক ফুটনাক (100°C) 1°C করিয়া বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

পাহাড়ের উপর বায়ু-চাপ কম থাকায় জলের ফুটনাক কমিয়া যায়—অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় জল ফুটিতে পাবে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে এভারেস্ট গিরিশৃঙ্গে (উচ্চতা 29,000 ft) জল মাত্র 70°C তাপমাত্রাতে ফুটিতে সুরু কবিবে। যদি মানুষ 65,000 ft উঁচুতে উঠিতে পারে তবে মানুষেব দেহেব জল (অনাবৃত অবস্থায় থাকিলে) ফুটিতে সুরু কবিবে কারণ ঐ উচ্চতায় জল মাত্র 37°C তাপমাত্রায় ফুটিবে। দার্জিলিং পাহাড়ে (উচ্চতা প্রায় 7000 ft.) জলের ফুটনাক প্রায় 90°C .

চাপ বৃদ্ধিতে ফুটনাকের বৃদ্ধি—এই ঘটনার প্রয়োগ কয়েকটি শিল্প প্রতিষ্ঠানে দেখিতে পাওয়া যায়। যেমন, কবাত গুঁড়া এবং কষ্টিক সোডা হইতে কাগজের মণ্ড প্রস্তুত করিতে, কৃত্রিম সিল্ক তৈয়ারীতে, হাড় হইতে জিলেটিন নিষ্কাশনে ইহার প্রয়োগ আছে। তাছাড়া হাসপাতালে ব্যবহৃত ব্যাণ্ডেজ, তোয়ালে প্রভৃতি এই প্রণালীর সাহায্যে বীজানুমুক্ত করা হয়। টিনজাত খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুত প্রণালীতেও ইহার প্রয়োগ দেখা যায়।

পাহাড়ে জলের ফুটনাক কম বলিয়া মাংস, ডিম প্রভৃতি স্থসিদ্ধ হয় না। মাংস, ডিম প্রভৃতি স্থসিদ্ধ হইবার জন্য যে-তরলের প্রয়োজন, জল কম তাপ-মাত্রায় ফুটিবার জন্য ঐ তাপ সরবরাহ করিতে পারে না। এই খাদ্যদ্রব্যগুলি রন্ধনের জন্য পাহাড়ের উপর pressure-cooker নামক এক প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে কৃত্রিম উপায়ে চাপ বৃদ্ধি করিয়া জলকে 100°C -এ ফুটানো হয়।

৫৭ নং চিত্রে একটি ঐকপ কুকার দেখানো হইরাছে। ইহা একটি বায়ুনির্গত ঘোঁটা দেওয়ারালের পাত্র। দুইটি কু S এবং S দ্বারা একটি ঢাকনীকে পাত্রের মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে আটকানো যায়। ঢাকনীতে একটি ছিদ্র আছে এবং ঐ ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ V বন্ধ করিয়া রাখে। একটি লিভার দণ্ড L এবং ওজন W-এর সহায়তায় ভাল্ভকে ছিদ্রমুখে আটকাইয়া রাখা হয়। ওজনটিকে লিভার-দণ্ডের বিভিন্ন স্থানে রাখিলে ভাল্ভটি



Pressure-Cooker

চিত্র ৫৭ .

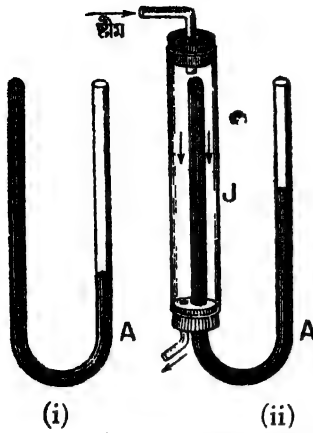
বিভিন্ন চাপে ছিদ্র বন্ধ করিবে এবং তাহার ফলে কুকারের অভ্যন্তরস্থ স্টিমের চাপ বিভিন্ন হইবে। যদি স্টিমের চাপ একটু বেশী হইয়া পড়ে তাহা হইলে ভাল্ভটি খুলিয়া যাইবে এবং অতিবিক্ত চাপ লাঘব হইবে। ইহাতে পাত্র ভাঙ্গিবার ভয় থাকে না। ওজন W-কে বিভিন্ন স্থানে রাখিয়া স্টিমের চাপ বিভিন্ন করা যাইতে পারে এবং তাহাতে কুকারের জলকে প্রবোজন মত 100°C অথবা তাহার বেশী তাপমাত্রাতে ফুটানো যাইতে পারে। এই ধরনের কুকারে দশ মিনিট সময়ে মাংস সুসিদ্ধ করা যায়। এই কুকারকে Pepin's digester এই নামেও অভিহিত করা হয়।

তোমরা হস্ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে বাড়ীতে ভাত বা মাংস রান্না করিবার সময় হাড়িতে ঢাকনা চাপা দেওয়া হয়। ইহার কারণ স্টিমের চাপ বৃদ্ধি করা। তাহাতে ভাত বা মাংস সুসিদ্ধ হয়।

5-18. তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় (The vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure) :

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণ করা যাইবে। A একটি U-অক্ষরের গ্রাফ ঠাকানো কাচনল। ইহার একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা। ইহা প্রত্যেকটি বাহু প্রায় ঐক ফুট লম্বা। এই নলটির খোলামুখ দিয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ ঢাল। পারদ দুই বাহুতেই প্রবেশ করিবে। এইভাবে পারদ ঢালিতে থাকি যতক্ষণ পর্যন্ত না নলের খোলা মুখের দিকে আধ ইঞ্চি

পরিমাণ স্থান খালি থাকে। এইবার ঐ স্থান জল দিয়া ভর্তি কর। এই



(i) তবলের স্ফুটন হইলে তবলের বাষ্পের
চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়

চিত্র 5ট

জল পাতিত জল (distilled water)

হইলে ভাল হয় এবং আগে হইতে
ফুটাইয়া দ্রবীভূত বায়ু বহিষ্কৃত করিয়া
নিলে আরো ভাল হয়। এখন খোলা-
মুখ আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া নলটিকে
উন্টাইলে জল পারদ ঠেলিয়া উপরে
উঠিবে এবং নলের বাক পার হইয়া
বন্ধ বাহতে পাবদের উপরে আসিয়া
জমা হইবে। এখন একটি সরু কাটি
খোলা মুখ দিয়া ঢুকাইয়া খোলা বাহ
হইতে আস্তে আস্তে পারদ বাহিব
করিয়া লগ্ন বাহাতে খোলাবাহব
পারদশীর্ষ বন্ধবাহব পারদশীর্ষ অপেক্ষা

নীচে থাকে [চিত্র 5ট (i)]। এখন A-নলটি উপরোক্ত পরীক্ষার জন্য তৈয়াবী
হইল। এইবার নলটির বন্ধবাহ আব একটি মোটা কাচনল] দ্বারা ঘিরিতে
হইবে [চিত্র 5ট (ii)]। ইহাকে জ্যাকেট বলা হয়। ইহার দুই মুখই
কর্ক দ্বারা শক্ত করিয়া আটকানো। উপবেব কর্কেব ছিদ্র দিয়া একটি ছোট
পাকানো নলের সাহায্যে জ্যাকেটের ভিতর স্টিম প্রবেশ করিতে পাবে এবং
তলার কর্কেব ছিদ্র দিয়া আর একটি নলের সাহায্যে বাহিব হইয়া যাইতে পারে।
তলার কর্কেট A-নলটিকে খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিতেও সাহায্য করে। এখন
বয়লার (চিত্রে দেখানো হয় নাই) হইতে স্টিম জ্যাকেটে পাঠাইলে দেখা যাইবে
যে A-নলের দুই বাহতে পারদস্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য আস্তে আস্তে কমিয়া
আসিতেছে। কিছুক্ষণ পরে দুই বাহতেই পারদস্তম্ভ একই উচ্চতায় আসিবে
[চিত্র 5ট (ii)]। বন্ধবাহতে পারদশীর্ষে যে চাপ পড়িতেছে তাহা পারদ-
স্তম্ভের উপরিস্থ জলীয় বাষ্পের চাপ এবং উহার তাপমাত্রা স্টিমের তাপমাত্রার
সমান। খোলাবাহতে পারদশীর্ষে বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পারদস্তম্ভদ্বয়
সমান উচ্চতায় থাকার দরুন জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান।
সুতরাং বলা যায় যে জলের স্ফুটনকে জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের
সমান। এই ঘটনা শুধু জলের বেলাতে নয়—যে-কোন তবলের বেলাতেই হইবে।

5-19. তরলের ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাবকারী উপাদান (Factors influencing the boiling point of a liquid) :

নিম্নলিখিত উপাদানগুলি যে-কোন তরলের ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাব বিস্তার করিবে।

(1) তরলের উপরিস্থ চাপ : যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হইবে ঐ তরলের ফুটনাঙ্ক ঐ চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ বাড়িলে ফুটনাঙ্ক বাড়ে এবং চাপ কমিলে ফুটনাঙ্ক কমে। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে প্রতি 27 mm. বায়ু-চাপ হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে জলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক (100°C) 1°C করিয়া হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(2) তরলে দ্রবীভূত অবশ্যায় অপদ্রব্যের (impurities) অবস্থান : তবলে অপদ্রব্য দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ তরলের ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ তরল অপেক্ষা বেশী হয়। যেমন, বিশুদ্ধ জলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক 100°C , কিন্তু জলে সাধারণ লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ জলের ফুটনাঙ্ক প্রায় 9°C বাড়িয়া যায়। এই কারণে কোন তরলের ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করিতে গেলে থার্মোমিটার কুণ্ড কখনও তরলে নিমজ্জিত করিতে নাই। হ্রবন হইতে উদ্ভূত বাষ্পের সম্পর্কে বাধিত হয়।

(3) ফুটন পাত্রের উপাদান : পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরলের ফুটনাঙ্ক ফুটনপাত্রের উপাদান এবং পিস্তাব পরিচ্ছন্নতা দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবান্বিত হয়। যেমন, তামা এবং কাচপাত্রের জল ফুটাইলে কাচপাত্রের বেলাতে ফুটনাঙ্ক সামান্য বেশী হয়। ঐ কাচপাত্র পরিষ্কার থাকিলে ফুটনাঙ্ক আবার বাড়িয়া যায়।

5-20. ফুটনের নিয়ম (Laws of Bullition) :

তরলের ফুটন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে ফুটনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

পদার্থ বিজ্ঞান

(2) যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হয় উহার হ্রাস-বৃদ্ধিতে তরলের ফুটনাক হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(3) জ্বাণের ফুটনাক বিশুদ্ধ জ্বাবকের ফুটনাক অপেক্ষা সর্বদা বেশী হয়।

কয়েকটি তরলের স্বাভাবিক ফুটনাকের তালিকা

তরল	ফুটনাক	তরল	ফুটনাক
পরিষ্কৃত জল	100°C	তাপিন তেল	159°C
সালফিউরিক অ্যাসিড	325°C	অ্যালকোহল	78.3°C
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড	76.7°C	গ্লিসারিন	280°C
		ইথার	35°C

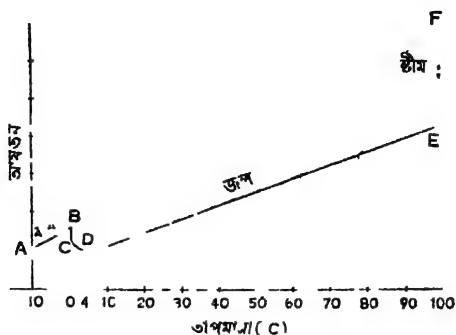
5-21. অবস্থা পরিবর্তনে জলের আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume of water with change of s. etc) :

উত্তাপ পাইলে বরফ গলিয়া জল হয় এবং জল স্টীমে পরিণত হয়—অর্থাৎ কঠিন হইতে তরল এবং তরল হইতে বাষ্পে অবস্থান্তর হয়। এই অবস্থান্তরের সময় আয়তনের পরিবর্তন হয়। এই ধরনের অবস্থান্তরে প্রায় প্রত্যেক পদার্থেরই আয়তনের প্রসারণ হয়। কিন্তু জলেব বোনাতে আয়তনের পরিবর্তন সর্বদা এক বকম নয় বলিয়া ইহা উল্লেখযোগ্য। পরপৃষ্ঠাব 5ঠা নং চিত্রে -10°C তাপমাত্রার এক গ্রাম বরফ গলিয়া জল হইলে এবং ঐ জল স্টীমে পরিণত হইলে আয়তনের কিরূপ পরিবর্তন হইবে তাহা লেখচিত্র দেখানো হইয়াছে। অবশ্য, এই লেখচিত্র স্কেল অসুযায়ী আঁকা হয় না—শুধু মাত্র পরিবর্তন কিরূপ হয় তাহা লেখচিত্রে বুঝানো হইয়াছে।

-10°C হইতে 0°C পর্যন্ত বরফ উত্তাপ পাইয়া আয়তনে একটু বাড়িবে কিন্তু ইহার অবস্থার কোন পরিবর্তন হইবে না। ইহা AB অংশ দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

অবস্থা পরিবর্তন

0°C -এ পৌঁছলে বরফ গলিয়া জল হইবে—অর্থাৎ অবস্থান্তর ঘটিবে। এই সময় তাপমাত্রা 0°C -এ স্থির থাকিবে এবং বরফ-গলা জলের আয়তন কিছু হ্রাস পাইবে। এই ঘটনা লেখচিত্রের BC অংশ দ্বারা বুঝানো হইয়াছে। এই অংশ প্রায় উল্লম্ব—অর্থাৎ এই অংশে তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হয় নাই।



আয়তন—তাপমাত্রা লেখচিত্র

চিত্র ১৬

সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইলে এবং তাপমাত্রা 0°C হইতে বৃদ্ধি পাইলে জলের আয়তন ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং 4°C তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম হইবে। ইহা লেখচিত্রের CD অংশের দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

অতঃপর জলের তাপমাত্রা 4°C হইতে যত বৃদ্ধি পাইবে জলের আয়তন তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ না জলের তাপমাত্রা 100°C -এ পৌঁছায়। জলের আয়তনের এই পরিবর্তন DE অংশ বুঝাইতেছে।

100°C তাপমাত্রায় জল স্টীমে পরিণত হইতে শুরু করিবে অর্থাৎ পুনরায় অবস্থান্তর ঘটিবে। এই সময়ে তাপমাত্রা 100°C -এ স্থির থাকিবে। কিন্তু স্টীমের আয়তন জলের আয়তন অপেক্ষা অনেক বেশী হওয়ায়, এইবার আয়তনের পরিবর্তন হইবে অনেক বেশী। ইহা লেখচিত্রের খাড়া অংশ EF দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

F বিন্দু সমস্ত জলের স্টীমে রূপান্তরিত হইতেছে। এক গ্রাম জল 100°C -এ স্টীমে পরিণত হইলে এই স্টীমের আয়তন হইবে জলের আয়তনের প্রায় 1600 গুণ।

সারাংশ

গলন ও কঠিনীভবন : কোন কঠিন পদার্থে তাপপ্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। ইহাকে পদার্থের গলন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে পদার্থের গলনাক্ষ বলা হয়।

তেমনি কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে কঠিনীভবন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে তরলের হিমাক্ষ বলা হয়।

সাধারণত কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। কিন্তু জল, টালাই লোহা, পিতল প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থ ইহার ব্যতিক্রম।

গলন'কের উপর চাপের প্রভাব :

(১) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহাদের গলনাক্ষ কমিয়া যায়।

(২) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাক্ষ বাড়িয়া যায়।

পুনঃশিলীভবন :

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে। Bottomloy-ব পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন স্পন্দরভাবে দেখানো হইতে পারে।

বাষ্প ও বাষ্পীভবন :

কোন তরলের বাষ্পীয় অবস্থাতে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-প্রক্রিয়াতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। বাষ্পীভবন তিন রকমে হইতে পারে : (১) বাষ্পায়ন (২) ফুটন ও (৩) উর্ধ্বপাতন।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সঞ্চার হয় এবং ইহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ কল ও রেফ্রিজারেটর তৈয়ারী হয়।

তরলের ফুটন হইলে বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

প্রশ্নাবলী

১ পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাহাকে বলে? প্লাটিনামের গলনাঙ্ক 1755°C বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক কি সমান?

[What are melting and solidification of a substance? What is meant by saying that the melting point of platinum is 1755°C ? Are melting point and freezing point of a substance identical?] ●

২. মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় কবিবে কিরূপে?

[How would you determine the melting point of paraffin?]

[H S Exam 1961]

৪. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি? উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা দাও।

[What is the effect of pressure on melting point? Explain with illustrations.]

৪ পুনঃশিলীভবন কাহাকে বলে? পৰীক্ষাগারে উহা দেখাইবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What is regelation? Describe a method to demonstrate it in the laboratory.]

১ পুনঃশীল ভবন ব্যাখ্যা কর। ভবন একটি তাম্র বা তাম্র এবং তাম্র এবং তাম্র নব্ব কাটিয়া বন্ধন বাকিব ৩-৩ তাহা ল্য ব্যা কর। তাম্র এবং তাম্রের পৰিবেষ্ট সাধারণ স্তত তে কি ব্রহ্মণ ৩-৩? তাম্রের উত্তবেব কাবণ বর্ণনা কর।

[Explain what you mean by regelation. Explain how a copper wire carrying a load can pass through a block of ice. Will the experiment succeed if an ordinary thread replaces the copper wire? Explain your answer.]

৬ জল জমিয়ার ফলে প্রচণ্ড বলে চতুর্ন হয তাহা প্রদর্শন কবিবার একটি পৰীক্ষা বর্ণনা কর। ইহা সজিত পাহা ডব গায়ে ফাটলেব কি সম্পর্ক তা ৬?

[Describe an experiment to show that water exerts a great force while freezing. What connection has it with the cracks found in the rocks?]

৭ বাষ্পায়ন ও স্ফুটন কাহাকে বলে? উভয়দে মধ্যে পার্থক্য কি?

[What are evaporation and boiling? What is the difference between them?] ● [H S (comp) 1961 '63]

৪ নিম্নলিখিত প্রসঙ্গগুলির উত্তর লেখ :—(ক) গরম কালে পানি বা হাওয়ায় আরাম নোহ হয কেন? (খ) মাটির কুঁজায় জল বাষ্পিলে জল ঠাণ্ডা হয কিন্তু বাতবপারে বাষ্পিলে হয না কেন? (গ) ভিজা কাপড় গায়ে শুকানো ঠিক নহে কেন? (ঘ) শব্দকাল জলজালায় থলুস ট নালা হয কেন? (ঙ) দুই টুকরা বরফক এক সঙ্গে কবিয়া তাপ দিলে জোড়া লাগে কেন? (চ) কোন বস্তুতে ঠাণ্ডা কবিত্তে 0°C এর জল অপেক্ষা 0°C এর বরফ বেশ কাঙ্কব কেন? (ছ) 100°C তাপমাত্রায় জলের সংস্পর্শে হাত বোকা দক্ষ হয, স্টিমের সংস্পর্শে দক্ষ বেশী হয কেন? (জ) কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ে থার্মোমিটার বস্তু তরলের সংস্পর্শে রাখা হয না কেন?

[Answer the following questions :—(a) Why does a fan give a feeling of comfort during hot weather ? (b) Why does water become colder when kept in an earthenware vessel than in a metal vessel in hot weather ? (c) Why is it unwise to sit in a draught with wet clothes on ? (d) Why *khaskhas* is used on windows in summer ? [H.S. (comp) 1962.] (e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass.—Why ? [H. S. (comp) 1960, 1962] (f) Why is ice at 0°C a better cooling agent than water at 0°C ? (g) Why does steam produce severe burns than hot water at 100°C ? (h) In determining the boiling point of a liquid, why is the thermometer bulb kept a little above the liquid ?]

৯. কোন্ কোন্ কারণের উপর বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে ? বাষ্প ও গ্যাসের ভিত্তর পার্থক্য কি ?

[What are the factors upon which the rate of evaporation depends ? What is the difference between a gas and a vapour ?]

১০. স্ফুটনকে কীভাবে বলে ? তবলের উপরকার চাপের সহিত উহা সম্পর্ক কি ? পবীকা দ্বারা ভোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

What is boiling point ? What is its relation with the pressure on the liquid ? Explain your answer with illustration.]

১১. স্ফুটনকে উপর (i) চাপবৃদ্ধি এবং (ii) চাপ হ্রাসের ফলাফল প্রদর্শনের জন্য একটি করিয়া পবীকা বর্ণনা কর। উহাদের প্রত্যেকের কিছু কিছু প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[Describe one experiment each to show the effect of (i) an increased pressure, (ii) a reduced pressure on boiling point. Mention some applications of each.]

১২. প্রমাণ কর যে তবলের স্ফুটন হইলে ঐ তবলের বাষ্প চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

[Prove that the vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure.]

১৩. তবলের স্ফুটনকে কোন্ কোন্ কারণের উপর নির্ভর করে ? স্ফুটনের নিয়ম কি ?

[What are the factors influencing the boiling point of a liquid ? What are the laws of boiling ?]

১৪. -10°C হইতে 100°C তাপমাত্রার পরিবর্তনে জলের আয়তনের কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা লেখচিত্রের সহায্যে ব্যাখ্যা কর।

[Explain, with the help of a graph, the changes of volume of water that take place due to a change of temperature from -10°C to 100°C .]

ষষ্ঠ পত্রিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিট্রি

(Water-vapour in atmosphere and Hygrometry)

৪-১. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতি :

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। পুকুর, নদী, সমুদ্র প্রভৃতি হইতে সর্বদা প্রচুর পরিমাণ জল বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়। কোন কোন দিন ইহার পরিমাণ বেশী থাকে, আবার কোন কোন দিন কম থাকে। আমাদের নিত্য অভিজ্ঞতা হইতেই আমরা ইহা বুঝিতে পারি। বর্ষাকালে সাধারণত বায়ু 'ভিজা' থাকে অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশী থাকে এবং শীতকালে বায়ু 'শুক' হয় অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কমিয়া যায়।

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির জ্ঞান মেঘ, কুয়াশা, ঝুটি প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির ফলে বায়ুমণ্ডলে যে-অবস্থার উদ্ভব হয় তাহার পর্যালোচনা করাই 'হাইগ্রোমিট্রি'র উদ্দেশ্য।

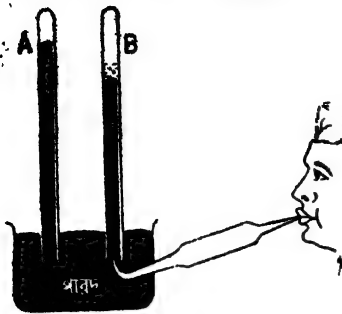
হাইগ্রোমিট্রি পাঠের জ্ঞাত সংপৃক্ত বাষ্প ও অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। এইজন্ত প্রথমে উক্ত বাষ্প সম্বন্ধে সংক্ষেপে প্রয়োজনীয় আলোচনা করা হইল।

৬-২. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প (Saturated and unsaturated vapour) :

কোন তরলকে একটি আবদ্ধস্থানে রাখিয়া বাষ্পায়নেঃ সুযোগ দিলে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ স্থান যে-পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম ততটুকু বাষ্প উৎপন্ন হইবার পর আর বাষ্পায়ন হয় না। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ঘটনাটি সুন্দররূপে দেখানো যাইতে পারে এবং ইহা হইতে সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে ধারণা স্পষ্টতর হইবে।

পরীক্ষা : A এবং B দুইটি ব্যারোমিটার নল। প্রথমে উহাদের পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হইয়াছে। আমরা জানি যে সাধারণ অবস্থার দুইটি নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান হইবে ; কারণ উভয় নলের পারদস্তম্ভই বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্দেশ করে। এখন একটি সরু বাকানো

পাইপেটের [ইহাকে 'pipette' 'পিপেট') বলে] ভিতর জল জমিয়া



B-নলে জল জমিবার পর পারদস্তম্ভ
আর নামিবে না।

চিত্র ৬ক

করে। পিপেটের সাহায্যে একটু একটু করিয়া জল প্রবেশ করাইতে থাকিলে দেখা
যাইবে যে B-নলের পারদস্তম্ভও একটু একটু করিয়া নীচে নামিতেছে। এইভাবে
চলিবার পর যখন পারদশীর্ষে একটু জল জমিবে তখন দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভ আর
নামিতেছে না [চিত্র ৬ক]। অর্থাৎ, জল আর বাষ্পে পরিণত হইতেছে না। তখন
বলা হয় যে পারদশীর্ষের উপরিস্থ স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত (saturated)
হইরাছে।

কাজেই কোন আবদ্ধ স্থানে তরলের সংস্পর্শে বাষ্প থাকিলে ঐ
বাষ্প সর্বদা সংপৃক্ত হয়; কারণ তরলের উপস্থিতির মানেনি এই যে ঐ আবদ্ধস্থান
যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম সেই সীমা উপস্থিত হইরাছে। ঐ অবস্থায়
বাষ্প তরলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া উহা
সর্বোচ্চ (maximum)। A এবং B নলের পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য হইতে
এই সর্বোচ্চ চাপ নির্ণয় করা যায় এবং ইহাকে সংপৃক্ত বাষ্প চাপ (saturated
vapour-pressure) বলা হয়। সংপৃক্ত বাষ্পচাপকে অনেক সময় জলীয় টান
(aqueous tension) বলা হয়।

উপরোক্ত কারণে তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপকে পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ
করা হয়। যেমন, কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 30 mm. বলিতে
আমরা বুঝি যে 25°C তাপমাত্রায় ঐ তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ 30 mm. উচ্চ
পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

বাকানো বুঝ B-নলের ভিতর প্রবেশ
করাও এবং পিপেটের অপর প্রান্তে বুঝ
লাগাইয়া আঙুলে আঙুলে হুঁ দাও।
পারদ অপেক্ষা হালকা বলিয়া হুঁ
দ্রিবার কালে জল পারদস্তম্ভ ভেদ করিয়া
টরিসেলির শূন্যস্থানে উপস্থিত হইবে।
ঐ স্থানের চাপ বুঝ কম হওয়ার দরুন
জল তৎক্ষণাৎ বাষ্পে পরিণত হইবে এবং
B-নলের পারদস্তম্ভকে এফুট নীচে নামিতে
দেখা যাইবে। ইহার কারণ এই যে জলীয়
বাষ্প পারদস্তম্ভের উপর কিছু চাপ প্রদান

B-নলের পারদস্তম্ভের উপর জল অধিবার পূর্বে যে-কোনও গরম টরিসেলীয় শূন্যস্থানে যে-বাষ্প থাকিবে উহাকে অসংপৃক্ত বাষ্প (unsaturated vapour) বলা হইবে এবং উহা যে-চাপ প্রয়োগ করিবে তাহাকে অসংপৃক্ত বাষ্প-চাপ (unsaturated vapour-pressure) বলা হইবে।

এখন যদি উপরোক্ত ব্যবস্থার দ্বারা B-নলের টরিসেলীয় শূন্যস্থানের জাপমাত্রা বাড়ানো যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে আরো জল বাষ্পীভূত হইতেছে—অর্থাৎ এই শূন্যস্থানের বাষ্প ধারণের ক্ষমতা বাড়িয়া গিয়াছে এবং সংপৃক্ত বাষ্প চাপও বাড়িয়া গিয়াছে।

সুতরাং উপরোক্ত পরীক্ষা হইতে আমরা নিম্নলিখিত সিদ্ধান্ত করিতে পারি :—

- (i) জলীয় বাষ্প চাপ প্রদান করিতে সক্ষম।
- (ii) কোন আবদ্ধ স্থানের জলীয়-বাষ্প ধারণ কবিত্বাব একটি-সর্বোচ্চ সীমা আছে। এই সীমা উপস্থিত হইলে বাষ্পকে সংপৃক্ত বাষ্প বলে এবং উহা চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।
- (iii) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে আবদ্ধ স্থানের জলীয়-বাষ্প ধারণের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং এই বাষ্পের চাপও বৃদ্ধি পায়।

6-3 সংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of saturated vapour) :

সংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় :—

- (1) একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বিভিন্ন।
- (2) সংপৃক্ত বাষ্প চাপ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়।
- (3) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বয়েল বা চার্লস সূত্র—অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে না।

(4) যে-কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ অথবা কোন গ্যাস, বাষ্প বা বায়ু উপস্থিতির দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না, যদি উহাদের ভিতর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়।

অসংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of unsaturated vapour) :

অসংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায় :—

- (1) অসংপৃক্ত বাষ্প সাধারণ গ্যাসের দ্বারা আচরণ করে।
- (2) ইহা বয়েল বা চার্লসের সূত্র—অর্থাৎ, গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে।

6-4. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্পের পার্থক্য :

(1) কোন আবদ্ধ স্থানে তরল সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রার সংপৃক্ত বাষ্প বলে।
এক উদাহরণ চাপ প্রয়োগ করে তাহা সর্বোচ্চ। এই চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বলে।
যদি কোন আবদ্ধ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোন তরল পদার্থ না থাকে তবে
ঐ বাষ্প অসংপৃক্ত হইতে পারে বা সত্ত সংপৃক্তও হইতে পারে। যদি আবদ্ধস্থানের
আয়তন সামান্য হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তবলে পরিণত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে
উহা সত্ত সংপৃক্ত—অত্যাধিক অসংপৃক্ত।

(2) অসংপৃক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া আয়তন পরিবর্তন করিলে
বয়েলের সূত্রানুযায়ী উহা চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে
উহা হয় না, আয়তন হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলীভূত হয় এবং আয়তন বৃদ্ধি
করিলে কিছু তরল বাষ্পীভূত হয় কিন্তু আবদ্ধ স্থান সর্বদা সংপৃক্ত থাকে—কাজেই
চাপও অপরিবর্তিত থাকে।

(3) অসংপৃক্ত বাষ্পের আয়তন ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে
সূত্রানুযায়ী উহা চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে যদিও
তাপমাত্রার পরিবর্তনে সংপৃক্ত বাষ্প চাপের পরিবর্তন হয় তথাপি উহা চাপের
সূত্রানুযায়ী হয় না।

(4) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অসংপৃক্ত বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি করিলে বা তাপমাত্রা
বৃদ্ধি করিলে উহাকে সংপৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

6-5. শিশিরাক (Dew point) :

বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা জমি বা ফলেই শিশির সৃষ্টি হয়।
সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা দ্বারা বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত
থাকে না। কিন্তু কোন কারণে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইলে সংপৃক্ত হইবার সম্ভাবনা
ঘটে। যাত্রিবেলা বিকিরণ প্রভৃতি নানাকারণে ভূ-পৃষ্ঠ ঠাণ্ডা হইলে সঙ্গে সঙ্গে
উহার সহিত যুক্ত বায়ুমণ্ডলও ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহা আয়তন হ্রাস পায়।
ফলে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা কমিয়া যায়।
যখন তাপমাত্রা এমন অবস্থায় পৌছায় যে উক্ত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ পরিমাণ
বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত (saturated) হয় তখন তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই
কিছু জলীয় বাষ্প জমিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকার ধারণ করে। ইহাকেই
আমরা শিশির বলি এবং ঐ তাপমাত্রাকে শিশিরাক বলে। সুতরাং যে-

তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প বারা সম্পৃক্ত হই তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলা হয়।

বিকল্পে একথাও বলা যাইতে পারে যে তাপমাত্রা যখন শিশিবান্ধে পৌছায় তখন বায়ুমণ্ডলস্থ জলীয় বাষ্প বাবা বায়ুমণ্ডল সম্পৃক্ত হয়।

পরীক্ষা : একটি কাচের গ্লাসে ঠাণ্ডা জল ঢাল ও উহাব মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঢুকান। এইবার ছোট একখণ্ড বরফ ঢুকবা ঐ জলে ফেলিয়া নাড়িতে থাক। টুকুবাটি গলিয়া গেলে আবার এক টুকুবা ফেল। এইভাবে পরীক্ষা কবিলে দেখিবে যে এক সময় গ্লাসের চতুর্দিকে ধোঁয়াব মত শিশিব জমিয়াছে। যে মুহূর্তে শিশিব জমিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এইবার বরফ দেওয়া বন্ধ কবিয়া জল নাড়িতে থাক। পৰিপার্শ্ব হইতে তাপ গ্রহণ করিয়া গ্লাস ধীবে ধীবে গরম হইবে। যে মুহূর্তে শিশির অদৃশ্য হইবা তখনকার তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রাব গড় মোটামুটি ঐ সময়কার শিশিবান্ধের সমান।

৬৬ আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Humidity and Relative humidity) :

বায়ুতে কি পৰিমাণ জলীয় বাষ্প আছে বায়ুর আর্দ্রতা তাহাই বুঝায়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা বায়ুর সম্পৃক্ততাব মাত্রা (degree of saturation) প্রকাশ করে। কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পৰিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে যে পৰিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন এই দুই-এব অল্পপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। সুতরাং,

আঃ আর্দ্রতা

= $\frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভব}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত কবিত্তে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভব}}$
 যেহেতু জলীয় বাষ্পের ভব উহাব চাপের সমানুপাতিক, সুতরাং
 আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে নিম্নলিখিত উপায়েও বলা যাইতে পারে :

আঃ আর্দ্রতা = $\frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$

তাছাড়া আমরা জানি, যে-কোন তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প থাকে শিশিবাঙ্কে উক্ত বায়ু ঐ জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয়। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান। সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপন্যুক্ত অল্পপাতকে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে সাধারণত বায়ুর সংপৃক্ততার শতভাগ (percentage) হিসাবে প্রকাশ করা হয়। উপরোক্ত তিনটি সঞ্জাব যে-কোনটিক 100 দ্বারা গুণ করিলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব মিলিবে।

6-7 দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভাব :

বায়ুমণ্ডল শুষ্ক কি আর্দ্র এত অল্পভূতি এবং তজ্জনিত আরাম বা অস্বস্তিবোধ শুধু বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। বায়বীয় বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্প তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত রাখিতে পারে আবার খুব অসংপৃক্তও রাখিতে পারে। ঐ অল্পভূতি আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। এজন্য আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার ষাথষ্ট প্রভাব আছে। নিম্ন কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝানো হইল।

(ক) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা এক হলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভেদের জন্য দুই ঘরে আবাস বোধ বিভিন্ন হয়। যে ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী সেই ঘরে বেশী কষ্ট বোধ হইবে। হঠাৎ কাগজ এই যে উক্ত ঘরের বায়ুতে বেশী পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকায় আমাদের দেহ হঠাৎ ঘাম বাষ্পীভূত হইবার সুযোগ পায় না। ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইলে দেহ শীতল হয় এবং অস্বাস্থ্য বোধ হয়।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে যে কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার শিবিবাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার কি পরিবর্তন হইবে? তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিবিবাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে, কারণ শিবিবাঙ্ক বলিতে আমরা বুঝি যে তাপমাত্রায় ঘরের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পচাপ সংপৃক্ত বাষ্প-চাপের সমান হয়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায়

সেই হেঁচু শিলিরাকের বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি হওয়ায় দ্রবন আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইবে। আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, বর্ধিত তাপমাত্রায় বায়ুক সংপৃক্ত করিবার জন্য বেশী পরিমাণ জলীয়-বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপবোক্ত অনুপাতের হব (denominator) বৃদ্ধি পাইতেছে, কিন্তু লব (numerator) ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা কমিয়া যাইবে।

(খ) ভিজা কাপড় বর্ষাকালের চাইতে শীতকালে দ্রুত শুকায় যদিও শীতকালে তাপমাত্রা অনেক কম থাকে। ইহাব কাবণ আপেক্ষিক আর্দ্রতা। শীতকালে আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকায় অর্থাৎ বায়ুগুণে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকায় ভিজা কাপড় হইতে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবার সুযোগ পায়। বর্ষাকালে তাহা হয় না, কাবণ বর্ষাকালে বায়ুগুণে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ খুব বাড়িয়া যায়।

(গ) শীতকালে গায়েব চামড়া, চোঁট প্রভৃতি ফাটিয়া যায়। ইহাব কাবণ শীতকালেব নিম্ন আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

(ঘ) পূর্বা এবং দিল্লীতে কোন দিন একই তাপমাত্রা থাকিলেও পূর্বা অপেক্ষা দিল্লী অনেক আবামপ্রদ মনে হইবে। সমুদ্রেব কাছে বলিয়া পুরীৰ বায়ুৰ আপেক্ষিক আর্দ্রতা অনেক বেশী। সুতরাং পূর্বাতে গায়েব ঘাম দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে পাবে না এবং তাহাব ফলে অস্বস্তি বোধ হয়।

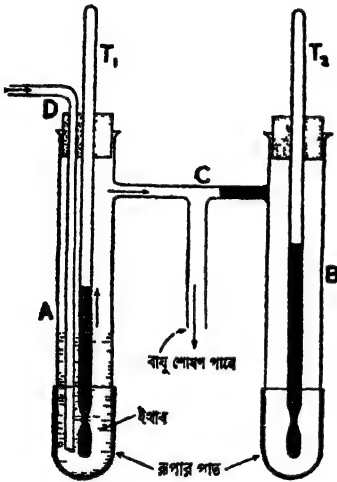
প্রতি দিনেব আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাকাবণে জানিবার প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50-60% হইলে আমবা বিশেষ অস্বস্তি অনুভব কবি না। উহাব বেশী হইলেই দেখে ঘাম হয় এবং আমবা অস্বস্তি অনুভব কৰি। আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে বৃষ্টিব সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য আবহাওয়া অফিস আপেক্ষিক আর্দ্রতাৰ হিসাব বাধে এবং বেতার ও সংবাদপত্রে উহা ঘোষণা কবে। কার্পাস প্রভৃতি কয়েকটি শিল্পে বায়ুৰ আর্দ্রতাৰ জ্ঞান থাকা প্রয়োজন কাবণ দেখা গিয়াছে যে আর্দ্র বায়ু ঐ সবল বস্ত্রশিল্পে সহায়তা কবে। কতগুলি বৌগের জীবাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে বলিয়া স্বাস্থ্য বিভাগ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতাৰ হিসাব রাখে। নিবাপদে বিমান চালনার জন্য বিমান চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়াইয়া

বাইতে হয়; এইজন্য বিমান চালনার জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার জ্ঞান বিশেষ প্রয়োজন।

6-8. Regnault's হাইগ্রোমিটার :

যে যন্ত্রের দ্বারা কোন সময়ের শিশিরাক্ত ও তাহা হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যায় তাহাকে হাইগ্রোমিটার বলে। নানাবক্যের হাইগ্রোমিটার আছে। ইহাদের মধ্যে Regnault's হাইগ্রোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

A এবং B দুইটি মোটা কাচের টেস্ট টিউব C-নল দ্বারা সংযুক্ত (6খ নং চিত্র)। টেস্ট টিউব দুইটির তলাব খানিকটা অংশ পাতলা রূপার



Regnault's হাইগ্রোমিটার
চিত্র 6খ

চক্চকে পাত দিয়া তৈয়াবী। T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার। A-নলের কিছু অংশ ইথাব দ্বারা পূর্ণ, কিন্তু B-নলে কোন তরল নাই। হাওয়া ঢুকিবার জন্য A-নলে একটি বাকানো সরু কাচনল-D ইথাবে ডুবানো থাকে। সংযোগকারী C-নল হইতে আব একটি নল ববাব টিউবেব সাহায্যে একটি বায়ুশোষণ পাত্রের (aspirator) সহিত সংযুক্ত। C নলের যে-অংশ B-টেস্ট টিউবেব সহিত যুক্ত তাহা সম্পূর্ণরূপে বন্ধ এবং ঐ পথে B-নলে কোন বায়ু প্রবেশ করিতে পাবে না।

এখন, বায়ুশোষণ পাত্রের (প্লাই আর কিছুই নয়—একটি প্যাচকলযুক্ত জলাধার) প্যাচকল খুলিয়া দিলে জল বাহিব হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ু টানিয়া লইবে) দ্বারা A-নলের বায়ু টানিয়া লইলে বাহিব হইতে বায়ু বাকানো কাচনল-D-এব সাহায্যে ইথাবেব ভিতব দিয়া A-নলে প্রবেশ করিবে। ইহার ফলে ইথাব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং শৈত্যের সৃষ্টি করিবে। স্মরণ্য A-নলের কপা অংশ দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে এবং ইথাব সম্পর্কে যে-বায়ু আছে তাহাও ঠাণ্ডা হইবে। ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবার ফলে বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প আছে তাহা শিশিরবিন্দুরূপে রূপার উপর জমিবে এবং A-নলের রূপার

উজ্জলিত T_1 -নলের চাইতে কম দেখাইবে। সেই সময়ে T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা দেখ। এইবার বায়ুশোষণ বন্ধ কর। A-নল ধীরে ধীরে গরম হইবে এবং শিলির অদৃশ্য হইবে। সেই সময় পুনরায় T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় লইলে তখনকার শিলিরাক পাওয়া যাইবে। ডানদিকের B-নলে কোন তবল না থাকায় ইহার কপাৎ অংশ সর্বদা চক্চকে থাকে। ফলে ইহা সহিত তুলনামূলকভাবে A-নলকে পরীক্ষা কবিরাব সুবিধা হয়। তাছাড়া T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘবের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

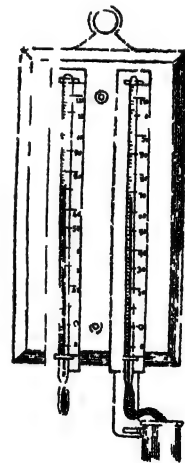
ধবা যাউক, শিলিরাক $t^\circ C$ এবং T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘবের যে তাপমাত্রা পাওয়া গেল তাহা $T^\circ C$. Regnault কর্তৃক নির্মিত সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের (saturation vapour-pressure) তালিকা হইতে $t^\circ C$ এবং $T^\circ C$ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ নিগয় কর। ধব, উহাবা যথাক্রমে f এবং F . অতএব,

$$\begin{aligned} \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} &= \frac{t^\circ C \text{ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত বাষ্পের চাপ}}{T^\circ C \text{ " " " "}} \times 100\% \\ &= \frac{f}{F} \times 100 \%, \end{aligned}$$

6-9. আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার (Wet and dry bulb hygrometer) :

এই হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে বায়ুৰ আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে দ্রুত মোটামুটি ধাবণা করা যাইতে পারে এবং নির্ভুল পরিমাপও করা যাইতে পারে।

৬গ নং চিত্রে এই হাইগ্রোমিটারের ছবি দেখানো হইল। দুইটি থার্মোমিটার পাশাপাশি একটি ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে। ডান দিকের থার্মোমিটারের কুণ্ড একখণ্ড মসলীন দ্বারা আবৃত বাধা হয় এবং মসলিনের এক প্রান্ত একটি পাত্রস্থিত জলে ডুবানো থাকে। জল মসলীন বাহিয়া উঠিয়া থার্মোমিটার কুণ্ডকে সর্বদা ভিজা রাখে। সুতরাং ইহাকে আর্দ্রকুণ্ড বলা যাইতে পারে। বাঁ দিকের থার্মোমিটার সর্বদা শুষ্ক থাকায় ইহাকে শুষ্ক কুণ্ড বলা হয় এবং এই থার্মোমিটার হইতে ঘবের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।



আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড
হাইগ্রোমিটার
চিত্র ৬গ

আর্দ্রকুণ্ডের মসলীন হইতে জল সর্বদা বাষ্পে পরিণত হইবে এবং ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর ইহার দ্রুততা নির্ভর করিবে। জল বাষ্পে পরিণত হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ থার্মোমিটার কুণ্ড হইতে গ্রহণ করিবে এবং তাহার ফলে ঐ থার্মোমিটারের পাঠ বা দিকের থার্মোমিটার হইতে কম হইবে।

যদি কোন সময়ে দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য দেখা যায় তবে বুঝিতে হইবে যে তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব কম অর্থাৎ বায়ু খুব শুষ্ক। কারণ বায়ু শুষ্ক থাকিলে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং আর্দ্র কুণ্ড খুব বেশী ঠাণ্ডা হইবে। আর যদি দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য না থাকে তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশী অর্থাৎ বায়ুতে যথেষ্ট জলীয় বাষ্প বর্তমান, কারণ ঐ অবস্থায় জল মোটেই বাষ্পীভূত হইবে না। সুতরাং আর্দ্রকুণ্ড বিশেষ ঠাণ্ডা হইবে না। এইভাবে দুই থার্মোমিটার পাঠ লক্ষ্য করিয়া তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। তাছাড়া আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড তালিকা (wet and dry bulb table) নামক একটি তালিকার সাহায্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ভুলভাবেও নির্ণয় করা যায়। এই যন্ত্র আবহাওয়া অফিসে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়।

জলীয় বাষ্পের চাপের তালিকা

[রেনোর তালিকা]

[চাপ মিলিমিটার পাৰদে এবং তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হইয়াছে।]

তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ
0°	4.6	11°	9.8	22°	19.6
1°	4.9	12°	10.1	23°	20.9
2°	5.3	13°	11.1	24°	22.2
3°	5.7	14°	11.9	25°	23.5
4°	6.1	15°	12.7	26°	25.0
5°	6.5	16°	13.5	27°	26.5
6°	7.0	17°	14.4	28°	28.1
7°	7.5	18°	15.3	29°	29.9
8°	8.0	19°	16.3	30°	31.5
9°	8.5	20°	17.4	35°	41.8
10°	9.1	21°	18.5	40°	54.9

উদাহরণ :

(1) কোন একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 14°C এবং শিশিবাঙ্ক 8°C হইল।
এ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। (8°C ও 14°C -এ সংপৃক্ত
জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 8 mm. এবং 12 mm. of Hg.)

[On a certain day, the temperature was found to be 14°C
and the dew-point 8°C . Saturation vapour pressures at 8°C
and 14°C are respectively 8 mm. and 12 mm. of Hg.
Calculate the relative humidity on that day]

উ। আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} &= \frac{\text{শিশিবাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}} \times 100\% \\ &= \frac{8^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{14^{\circ}\text{C " " " " " "}} \times 100\% \\ &= \frac{8}{12} \times 100 = 66\frac{2}{3}\% \end{aligned}$$

(2) কোন দিনের শিশিবাঙ্ক 12°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 25°C দেয়া
গেল। 12°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 10.4 mm হইলে
এ দিন বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর।

[On a certain day, the dew-point and the room-temperature
were 12°C and 25°C respectively. If the saturation
vapour pressure at 12°C be 10.4 mm calculate the pressure
of the vapour present in the atmosphere on that day]

উ। শিশিবাঙ্কের সংজ্ঞা হইবে আমরা জানি যে যবেব তাপমাত্রায়
বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে শিশিবাঙ্ক উক্ত বায়ুই জলীয় বাষ্প
দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে। অর্থাৎ, যবেব তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ
শিশিবাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান হইয়া পড়ে। যেহেতু শিশিবাঙ্ক
 12°C এবং এই তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 10.4 mm দেওয়া
আছে, সুতরাং এই দিন যবেব তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ
10.4 mm.

(3) একটি নির্দিষ্ট দিনে বায়ুর তাপমাত্রায় 16.5°C এবং শিশিবাঙ্ক 12°C .
 12°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 10.46 cm, 16°C তাপমাত্রায়
13.64 cm. এবং 17°C তাপমাত্রায় 14.12 cm, এই দিনের আপেক্ষিক
আর্দ্রতা কত?

[The dew-point and the temperature on a certain day were respectively 12°C and 16.5°C . The saturation vapour pressures at 12°C , 16°C and 17°C are respectively 1.046 cm. 1.364 cm. and 1.442 cm. What is the relative humidity on that day ?]

উ। 16°C তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ = 1.364 cm.

17°C " " " " " = 1.442 "

সুতরাং, 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে চাপ বৃদ্ধি = $1.442 - 1.364 = 0.078$ cm

5°C " " " " = 0.078×5 cm.
= 0.390 cm

সুতরাং, 16.5°C তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ = $1.364 + 0.390$
= 1.403 cm

অনুপাতিক আর্দ্রতা = $\frac{\text{শিবিবাহে সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{যেবের তাপমাত্রায় " " "}} \times 100\%$
= $\frac{1.046}{1.403} \times 100\% = 74.5$ (প্রায়)

(4) কোনও সংপূর্ণ তাপমাত্রা 15°C এবং শিবিবাহ 8°C যদি তাপমাত্রা ক্রমশঃ 10°C হয় তবে শিবিবাহ পরিবর্তিত হওয়া প্তত হইবে 7°C এবং 8°C তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7.49 mm এবং 8.02 mm.

[The temperature at a time is 15°C and the dew-point is 8°C . If the temperature fall to 10°C , how will be the dew-point modified? The saturation vapour pressures at 7°C and 8°C are respectively 7.49 and 8.02 mm.]

উ। বায়ু অসংপূর্ণ হওয়ায় চালসেব স্তব মানিয়া চলিবে,

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ বা } \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{10^{\circ}\text{C}}{15^{\circ}\text{C}} \text{ এ বায়ু চাপ} = \frac{10 + 273}{15 + 273} = \frac{283}{288}$$

কিন্তু 15°C -এ বায়ু চাপ = 8°C (শিবিবাহ)-এ সংপূর্ণ বায়ু চাপেব সমান
= 8.02 mm

$$10^{\circ}\text{C} \text{ এ বায়ু চাপ} = \frac{283}{288} \times 8.02 = 7.88 \text{ mm (প্রায়)}$$

এখন নির্ণয় করিতে হইবে যে কোন্ তাপমাত্রায় 7.88 mm. চাপ হইবে 'সংপূক্ত বায়ুচাপের সমান। তাহা হইলে ঐ তাপমাত্রাই হইবে নতুন শিশিরাক্ষ।

এখন দেখা যাইতেছে যে 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে চাপ পরিবর্তন $= (8.02 - 7.49) = 0.53 \text{ mm.}$, সুতরাং $(8.02 - 7.88) = 0.14 \text{ mm.}$ চাপ পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপমাত্রাব পরিবর্তন

$$= \frac{0.14}{0.53} = \frac{1}{4}^{\circ}\text{C} \text{ (প্রায়)}$$

কাজেই, 10°C তাপমাত্রায় শিশিরাক্ষ $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ কমিয়া যাইবে অর্থাৎ $(8 - \frac{1}{4}) = 7\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ হইবে।

6 10. বায়ুমণ্ডলস্থিত জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন (Condensation of water-vapour present in atmosphere):

নানাকারণে এবং নানা অবস্থায় বায়ুমণ্ডলেব জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ প্রভৃতি বস্তু হয়

শিশির (Dews); কুয়াশা (Fog) ও কুহেলিকা (Mist):

বাত্মবৈরাগ্য ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ কবিয়া ঠাণ্ডা হয়। এই বিন্দুগত তাপ বায়ুমণ্ডল ভেদ কবিয়া গলেও বায়ুমণ্ডল স্তরান্তে উৎপন্ন হয় না। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ভূ-পৃষ্ঠেব সচিৎ ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। যখন বায়ু ঠাণ্ডা হইতে হইতে শিশিবাঙ্কে পৌছায় তখন বায়ুব তাপমাত্রা আন একটু কমিলেই বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ডলকণাব আকারে ঘাস, পাণ্ডা প্রভৃতির উপর জমা হয়। ইহাতেই শিশির বলা হয়। এবং কালে ভোববেলা গাছেব পাতা ও ঘাসে যথেষ্ট শিশিব জমা হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত অবস্থাগুলি প্রচুর পরিমাণ শিশিব জমিবাব সহায়তা করে:

(1) মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ—আকাশে মেঘ না থাকিলে বিকিরণেব দরুন ভূ-পৃষ্ঠ দ্রুত ঠাণ্ডা হইতে পারে। বিকিরণ তাপ মেঘ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া পুনর্বাষ ভূ-পৃষ্ঠে ফিবিয়া আসিবাব সম্ভাবনা থাকে না। তাই মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ শিশিব জমিবাব পক্ষে সহায়ক।

(2) কম বায়ু চলাচল—বায়ু চলাচল কম থাকিলে, কোন ঠাণ্ডা বস্তুব সংস্পর্শে বায়ু বেশীক্ষণ থাকিতে পারে। তাহাতে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইয়া শিশিবাঙ্কে পৌছিবাব সুবিধা হয় এবং শিশিব জমিবাব সহায়তা করে।

(3) বায়ুমণ্ডলে প্রচুর জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি—বায়ুমণ্ডলেব প্রাথমিক আর্দ্রতা খুব বেশী থাকিলে, অল্প ঠাণ্ডা হইবাব ফলেই শিশিব জমিতে পারে।

(4) তাপের ভাল বিকিরক এবং কুশলিবাহী বস্তুর সান্নিধ্য—এ ধরনের বস্তু দ্রুত তাপ ত্যাগ করিয়া ঠাণ্ডা হইতে পারে এবং বায়ুকে শিশিবাঙ্কে পৌছাইয়া দিতে পারে। এই বস্তুগুলি ভূ-পৃষ্ঠের নিকটবর্তী হওয়া প্রয়োজন কারণ উচুতে থাকিলে বায়ু ঠাণ্ডা হইয়া ভাবী হইবে এবং নীচে চলিয়া যাইবে এবং উপর হইতে অপেক্ষাকৃত গুরুত্বপূর্ণ বায়ু এই স্থান অবিকার করিবে। ফলে বায়ু চলাচলের সৃষ্টি হইয়া শিশিব জমিবাব বিষম ঘটাইবে। এই কাবণে বড় গাছেব পাতায় শিশিব না জমিয়া ঘাসে বা বৃচুব পাতা ইত্যাদিতে শিশিব জমিতে দেখা যায়।

যদি কোন কাবণে বায়ুমণ্ডলের বিস্তীর্ণ অঞ্চলেব তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া শিশিবাঙ্কেব নীচে নামিয়া আসে তবে উক্ত বায়ুমণ্ডলের চলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণাব আকাবে বায়ুমণ্ডলে ভাসমান ধূলকণা, কণাব গুঁড় প্রভৃতি আশ্রয় করিয়া ভাসিত থাকে। ইহােব কুয়াশা বা কুহেলিকা বলে। সাধারণত ভিতর মাটির তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী হইলে দ্রুত কণাগুলি সৃষ্টি হয়। শীতকালে প্রায়ই সবলে কুয়াশা দোততে পাওয়া যায়। এ সময়ও কুয়াশা স্তরের উপর এসে বৃষ্টিপাত করে। ফলে উৎপন্ন সৃষ্টি হয়। ভূপৃষ্ঠে দিকে বয়সা শেষ হইয়া বাব বাবণে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পালে তাপমাত্রা বাবণে হইবে এবং বায়ুমণ্ডল অসংপূর্ণ হইয়া পড়ে।

মেঘ ও বৃষ্টি (Clouds and rains) :

জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু যখন কোন কাবণে হাল্কা হইয়া যখন উঠে তখন সেখানে তাপ-হ্রাসের দরুন হঠাৎ আয়তনের বিস্তার হয়। এই ক্ষেত্রে ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। এইভাবে ঠাণ্ডা হইবাব ফলে ধূল বায়ু তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কেব নীচে নামিয়া যায় তখন হঠাৎ চলীয় বাষ্প ভাসমান ধূলকণাক আশ্রয় করি জলবিন্দুব আকাবে ভাসিতে থাকে। উহাকে আমবা মেঘ বলি। সুতরাং কুয়াশা ও মেঘের মতব কাযত কোন ওফার নাই। কুয়াশা নিম্নস্তরে সৃষ্টি হয় এবং মেঘ উচ্চস্তরে সৃষ্টি হয়।

যখন মেঘের জলকণাগুলি ভাসিতে ভাসিতে পবনসংযুক্ত হইয়া বড় বড় বিন্দুতে পরিণত হয় তখন উহার নীচের দিকে পড়িতে শুরু করে। এই সময় যদি জলবিন্দুগুলি কোন শুষ্ক ও উষ্ণ বায়ু স্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় তবে পুনরায় বাষ্পীভূত হইয়া উপরের দিকে চলিয়া যায়। আর যদি আর্দ্র বায়ুস্তরের

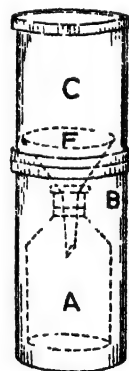
ভিত্তিক দিয়া স্রবসর হয় তবে আর বাষ্পীভূত হয় না; বরং বিন্দুগুলি আকারে বৃষ্টি পায় এবং যথেষ্ট ভারী হয়। তখন উহা বৃষ্টির আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পড়ে।

মেঘের জলবিন্দুগুলি অনবরত এক ভাঙ্গা-গড়ার প্রণালীর ভিত্তর দিয়া চলে। কখনও বা কতগুলি বিন্দু মিলিয়া বড় বিন্দু সৃষ্টি হয়, আবার কখনও বা বড় বিন্দু ভাঙ্গিয়া ছোট ছোট বিন্দুতে পরিণত হয়। একটি বিন্দু যখনই ভাঙ্গিয়া যায় তখনই উহাব তড়িতাধানের পৃথকীকরণ হয়। বজ্রবিদ্যুৎপূর্ণ ঝড়বৃষ্টিতে বিদ্যুতের উপস্থিতির সম্ভবত ইহাই একটি প্রধান উৎস। তাই বজ্র-বিদ্যুতের পরই প্রবল বারিপাত হইতে দেখা যায়।

বারিপাতমাপক যন্ত্র (Rain gauge):

কোন দিন বৃষ্টিপাত হইলে পরের দিন সংবাদপত্রে তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে আবহাওয়া সংবাদে লেখা আছে গতকলা 'কয়েক ইঞ্চি বারিপাত হইয়াছে'। এই ধরনের বারিপাত বিষয়ক সংবাদ আবহাওয়া অফিস হইতে সংবাদপত্রে এবং বেতারে প্রচার করা হয়। বারিপাত মাপিবার জন্য যে যন্ত্র-ব্যবহাৰ করা হয় তাহা ৫৬ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

৫৬-এক কাচের চূড়ি বা ফানেল। ইহাব মুণের বাস পাঁচ বা আট ইঞ্চির সমান। ইহা একটি কাচের বোতল-A-এর মুখে বসানো। ফানেলের মুখে যে-বৃষ্টির জল পড়িবে তাহা A-বোতলে জমা হইবে। আবার লাগিয়া বোতলটি যাহাতে ভাঙ্গিয়া না যাইতে পারে এইজন্য উহাকে একটি ভামার পাঁত্র B-এর মধ্যে বসানো হয়। ফানেলের উপর বৃষ্টির জল পড়িয়া যাহাতে ছটকাইয়া বাহিবে না পড়িতে পারে এইজন্য B-পাত্রের উপর আর একটি পাঁত্র C রাখা থাকে। C-পাত্রের উপরের মুখে কান্না খুব ক্ষুণ্ণর শব্দবার মাপা নির্ভুল হয়। বারিপাত মাপিবার সময় যন্ত্রটিকে উন্মুক্ত স্থানে এমনভাবে রাখা হয় যে মাটি হইতে C-পাত্রের উপরের মুখের উচ্চতা প্রায় এক ফুট পরিমাণ হয়। বৃষ্টির জল ফানেলের মুখে পড়িয়া A-পাত্রে জমা হয়। A-পাত্রের পায়ে ইঞ্চি-দাগ কাটা থাকে। তাহা হইতে সরাসরি বোঝা যায় যে কত ইঞ্চি বারিপাত হইল। যেমন 'দুই ইঞ্চি বারিপাত হইল' এই উক্তি হইতে বোঝা যায় বৃষ্টির জলকে ফানেলের সমান বাসবিশিষ্ট কোন চোঙে রাখিলে উহার উচ্চতা দুই ইঞ্চি হইবে।



বারিপাতমাপক যন্ত্র

চিত্র ৫৬

এসদত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আসাম এদেশের চেরাপুঞ্জি নামক স্থানে পৃথিবীর ভিতর সর্বাপেক্ষা বেশী বারিপাত হয়। চেরাপুঞ্জিতে বারিপাতের পরিমাণ বৎসরে প্রায় 500 ইঞ্চি।

তুষার ও শিলা (Snow and hails) :

খুব ঠাণ্ডার ফলে বায়ুৰ জলীয় বাষ্প বরফে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ভাসিতে থাকে এবং বৃষ্টির আকারে ঝিক্ ঝিক্ করিয়া ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়। ইহাকে তুষারপাত বলে। মেরুপ্রান্তে প্রায়ই এবং শীতকালে পাহাড়ী জায়গায় তুষাবপাত হইয়া থাকে।

যদি বৃষ্টির ফোঁটা পড়িবার সময় উহা কোথাও খুব ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে আসে তবে ফোঁটাগুলি ভসিয়া বরফে টুকরাতে পরিণত হয় এবং টুকরাগুলি বৃষ্টির আকারে পড়িতে থাকে। ইহাকেই শিলাবৃষ্টি বলে। শিলা ছোট-বড় নানা আকারেব দেখিতে পাওয়া যায়।

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু জলীয় বাষ্প সঞ্চিত থাকে। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির ফলে মেঘ, কুয়াশা প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনার সৃষ্টি হয়।

শিশিরাক : যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূর্ণ হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাক বলা হয়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন—এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

বায়ুমণ্ডল শুদ্ধ কি আর্দ্র এই সন্সৃত্তি এবং তাহার ফলে আরাম ও অস্বস্তিবোধ বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের জন্য দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহার করা যাইতে পারে। যথা :

(1) Regnault's হাইগ্রোমিটার ও (2) শুদ্ধ ও আর্দ্র বায়ু হাইগ্রোমিটার।

নানাকারণে তাপমাত্রা কমিয়া গেলে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ, বৃষ্টি প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

প্রশ্নাবলী

1. সঞ্চিত ও অসঞ্চিত বাষ্পের ভিতর পার্থক্য কি? যথেষ্ট তাপমাত্রার জলীয় টান নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Distinguish between saturated and unsaturated vapours. Devise a simple experiment by which the aqueous tension at room temperature may be determined.] [H. S. Exam., 1961]

2. শিশিবাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা বুঝাইয়া দাও।

[Explain the terms 'dew-point' and 'relative humidity'.] [P. U. 1962]

3. শিশিবাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা নির্ণয়ের পর ইহা কি কাজে লাগে? বাষ্প তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কের সমান হইলে বায়ুমণ্ডলের অবস্থা কিরূপ হয়? কোন যথেষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা (i) শিশিবাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর কি প্রভাব বিস্তার করিবে?

[Define 'Dew point'. Of what use is it when it has been found? What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room.] [H. S. Exam. 1960]

4. হাইগ্রোমিটার কতাকৈ বলে? ইহা দ্বারা কি নির্ণয় করা হয়? Regnault-এব হাইগ্রোমিটার বর্ণনা কর ও ইহাৰ কাৰ্যপ্রণাল্য ব্যাখ্যা কর।

[What is a hygrometer? What does it determine? Describe and explain the action of a Regnault's hygrometer.]

[cf. P. U. 1962; H. S. (comp.) 1962]

5. বায়ুৰ আর্দ্রতা বলিতে কি বোঝায়? এমন একটি যন্ত্র বর্ণনা কর যাহাৰ দ্বারা বায়ুৰ আর্দ্রতা মাপা যায়। তোমার বর্ণিত যন্ত্রের একটি স্কেচ নকশা আঁক।

[What is 'hygrometric state' of air? Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of air may be determined. Draw a neat sketch of the apparatus.] [H. S. (comp.) 1961 '63]

6. আর্দ্র ও শুষ্ক বুল্ব হাইগ্রোমিটারে, আর্দ্রবুল্ব থার্মোমিটারের পাঠ শুষ্ক বুল্ব থার্মোমিটার হইতে ভিন্ন হয় কেন? কোন্ অবস্থায় দুই থার্মোমিটারের পাঠ সমান হইবে? ঐ হাইগ্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক আর্দ্রতা কিরূপে নির্ণয় করা হয়?

[In a wet and dry bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer? In what circumstances would both readings be the same? How is such a hygrometer used for determining relative humidity?] [H. S. Exam 1964]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ :—

(ক) বর্ধাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাই যদিও শীতকালে তাপমাত্রা কম। কেন? (খ) একটি কাচের পাত্রে বরফ-জল ঢালিলে কাচের বাহিরের গায়ে জলবিন্দু জমা হয় কেন? (গ) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা 24°C । একটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা

৪০ % ; এবং অন্তর্ভুক্ত ৬০ % ; কোন ধর বেষ্ট আবামহারক হইবে ? (ঘ) পূরী ও দিল্লীতে কোন দিনে তাপমাত্রা সমান থাকিলেও পূরী অপেক্ষা দিল্লী বেশী আবামগ্রন মধুর হয় কেন ? (ঙ) শীতের সকালে কোন কাচের উপর ঘুঁষ দিয়া হুঁ দিলে, কাচটি আবহা হইয়া বাষ কেন ?

[Answer the following questions —

(a) Wet clothes are usually seen to dry sooner in the cold weather than in the rainy season though the temperature in the latter case is higher Why ? [H S (comp) 1960]

(b) Why does a glass tumbler 'cloud over' on the outside when ice cold water is poured into it ? [I I S (comp) 1961]

(c) The temperature of two rooms is 24°C The relative humidity of one is 80° and that of the other 60° In which room would you feel more comfortable ?

(d) A hot day at Puri causes greater discomfort than an equally hot day in Delhi Why ?]

(e) A piece of glass is dimmed when you blow on it with your mouth on a winter morning Why ?]

৪ একটি থার্মিস্টার বস্তু যুক্ত যন্ত্রে দুইটি বৈদ্যুতিক সার্কিট (i) ডল (ii) ইথান (iii) বেনজিন দ্বারা তৈরি করা হয়েছে। এই তিনটি বস্তুই একই কন্ডাক্টিভিটি সহকরক এবং বেনজিন ?

[The bulb of a thermistor is wrapped round with cotton which is wetted in turn with (i) water (ii) ether (iii) an oil How will the readings differ and why ?]

৯ কোন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রা 10°C এবং শিথিলতা 15°C উভয় পরমাত্রায় স্ফটিক জলীয়-বাপের চাপ যথাক্রমে 81.5 mm এবং 12.7 mm হইল। এতদ্বারা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় আর্দ্রতা কত ?

[On a certain day when the temperature of the air was 80° the dew-point was found to be 15°C The saturation vapour pressures at those temperatures were respectively 61.5 mm and 12.7 mm What was the relative humidity at that time ?] [Ans 40.8]

১০ উপরোক্ত প্রদত্ত শিথিলতা 15°C এবং আর্দ্রতা 20° হয় তাহলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইবে না হইবে ?

[If the dew-point in the above example were 20°C instead of 15°C , will the relative humidity increase or decrease ?]

১১ কোনও নির্দিষ্ট দিনে শিথিলতা 15°C এবং সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 81°C 15°C তাপমাত্রায় স্ফটিক জলীয় বাষ্পের চাপ 12.8 mm হইল। বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ কত ?

[The dew-point on a particular day was 15°C while the temperature of air was 81°C If the saturation vapour pressure at 15°C is 12.8 mm what is the pressure of the vapour present in the air ?] [Ans 12.8 mm]

12. কোন দিন বায়ুর তাপমাত্রা 18°C এবং শিশিরাক 12°C , 15°C , 19°C এবং 12°C তাপমাত্রার জলীয় টান যথাক্রমে 15.46, 15.86 এবং 10.46 mm. হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[On a certain day, the temperature of the air is 18°C and the dew-point is 12°C . Find the relative humidity. The aqueous tensions at 18°C , 19°C and 12°C are 15.46, 15.86 and 10.46 mm. of mercury respectively.]

[H. S. (comp) 1964] [Ans. 66.7 %]

18. শিশিরাক 20°C এবং ঘরের তাপমাত্রা 27°C হইলে নিম্নলিখিত সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর :

তাপমাত্রা	জলীয় বাষ্পের চাপ
20°C ...	17.54 mm
21°C ...	18.65 ..
27°C ...	26.75 ..
28°C ...	28.86 ..

[The dew-point is 20°C and the room temperature is 27°C . From the following table of saturation vapour pressure calculate the relative humidity :—

Temp.	Sat. vapour pressure
20°C ...	17.54 mm.
21°C ...	18.65 ..
27°C ...	26.75 ..
28°C ...	28.86 ..

11. শিশির কীভাবে বাল ? উত্থাপ টেম্পেট্রি কিভাবে হয় ? কোন কোন বস্তু উপর শিশির বেশী জমে কেন ? কি কি কারণে বস্তু শিশির জমিবার হাতিয়া হয় ?

[What is dew ? How is it caused ? Why is dew deposited more on some substances than others ? What factors lead to copious deposition of dews ?]

15. কোন তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্প চাপ প্রদান করিতে সক্ষম ভাষা প্রদর্শন করাইবান একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 80 mm.—এই ব্যক্ত্যে ব্যাখ্যা কর।

[Describe an experiment to show that vapour coming out of a liquid is capable of exerting pressure. Vapour pressure of a liquid at 25°C is 80 mm.—explain the statement.]

সম্ভব পরিচ্ছেদ

তাপ সঞ্চালন [Transmission of heat]

7-1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different ways of transmission of heat) :

একস্থান হইতে অন্যস্থানে তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি আছে। যথা :

- (1) পরিবহণ (Conduction), (2) পরিচলন (Convection) ও
(3) বিকিরণ (Radiation)।

পরিবহণ : একটি লোহার দণ্ডেব একপ্রান্ত আশুনে ধরিলে কিছু সময় পরে অন্য প্রান্ত গরম হইয়া পড়ে। এখানে দণ্ডের ভিতর দিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্যপ্রান্তে তাপ সঞ্চালিত হইল কিন্তু দণ্ডের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলি তাপ বহন করিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে গেল না। তাহা যদি হইত তবে যে-প্রান্ত আশুনে ধরা আছে উহা সরু হইয়া যাইত এবং অপর প্রান্ত মোটা হইত। কিন্তু তাহা হয় না। তবে তাপ সঞ্চালন কিরূপে হইল? পদ্ধতিটি বর্ণনা করিবার পূর্বে আর একটি ঘটনা বলি।

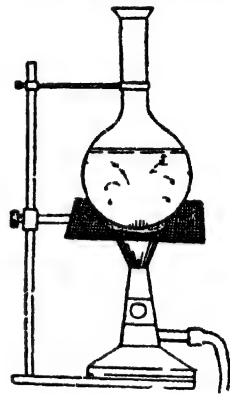
কোন বাড়ী তৈয়ারী করিবার সময় মজুরেরা ইটের গাদা হইতে ইট জমিতে কিরূপে লইয়া আসে লক্ষ্য করিয়াছ কি? মজুরেরা লাইন দিয়া দাঁড়াইয়া যায় এবং প্রথম মজুর গাদা হইতে একখানা ইট লইয়া পরের জনকে দেয়। সে আবার ইটখানি পরের মজুরকে হস্তান্তরিত করে। এইভাবে একজন হইতে অপরজনে চালিত হইয়া ইট জমিতে পৌছাইয়া যায়। কিন্তু কোন মজুরই নিজের স্থান ত্যাগ করে না। পরিবহণ প্রণালীও এইরকম।

দণ্ডের যে-প্রান্ত আশুনে ধরা হইল প্রথমে সেই প্রান্তের কণাগুলি তাপ গ্রহণ করিয়া উত্তপ্ত হইল। পরে উহা পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে সেই তাপ হস্তান্তর করিল। এই কণা আবার উত্তপ্ত হইয়া উহার পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে তাপ হস্তান্তর করিল। এইরূপে কণা হইতে কণাতে হস্তান্তরিত হইয়া অবশেষে তাপ অন্য প্রান্তে পৌছিল। এই ধরনের তাপ সঞ্চালনের পদ্ধতিকে পরিবহণ বলা হয়।

অতএব, যে-প্রণালীতে কোন জন্মের উষ্ণতার অংশ হইতে শীতলতর অংশে তাপ গমন করে অথচ ইহার জন্ম জন্মের কণাগুলির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না, তাকে পরিবহণ বলা হয়। সাধারণত কঠিন পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিবহণ প্রণালীতে হইয়া থাকে।

পরিচলন : এই প্রণালীতে পদার্থের উদ্ভূত কণাগুলি নিজেরাই উষ্ণতার অংশ হইতে শীতলতর অংশে গমন করিয়া তাপ লইয়া যায়।

পূর্বে মজুদাব ইট লইয়া যে উপমা দেওয়া হইয়াছে তাহা বারংবার বলা যায় যে যদি মজুদাব নিজেরাই প্রত্যেকে গাদা হইতে হইত লইয়া জমিতে উপস্থিত হয় তবে যে পদ্ধতি বস্তু হইবে পরিচলনও সেই বস্তু পদ্ধতি। সাধারণত তরল ও বায়বীয় পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিচলন প্রণালীতে হইয়া থাকে।



তাপ পরিচলন পদ্ধতি
চিত্র ৭ক

পরীক্ষা : একটি কাঁচের ফ্লাস্কখানেক ডাল লইয়া উহার ভিত্তি একটু নীল ফেনিষ দাও। এখন ফ্লাস্কটি গরম কর দেখাবে যে একটি নীল ফেনিষ বাবা নীচ হইতে উপরে উঠিতেছে এবং ফ্লাস্কের গা বাহিরে। একটি

সাল জলেব খাবা উপর হইতে নীচে নামিতেছে ইহা বর্ণনা এই যে ওলাব নীল জল উত্তপ্ত হইয়া হালকা হয় এবং উপরেব দিকে ঐটে এবং উপরেব ঠাণ্ডা ও ভাবী জল নীচে চলিয়া আসে (৭ক নং চিত্র)। এতদ্বারা দুইটি জলশ্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে অবশ্য সমস্ত জল সমভাবে উত্তপ্ত হইয়া পড়িবে। এস্থলে উত্তপ্ত জলেব কণাগুলি নীচ হইতে উপরে উঠিয়া তাপ সঞ্চালন করিল। এই পদ্ধতিতে তাপের পরিচলন বলে।

বিকিরণ : এই প্রণালীতে কোন জড় মাধ্যমের (material medium) সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাকে উদ্ভূত না করিয়া তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়।

আমরা সূর্য হইতে তাপ পাই। বিন্দু সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বৈদ্যুতিক ভাগ স্থান শূন্য। কাজেই সূর্য-তাপ পৃথিবীতে পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে আসিতে পারে না কারণ উভয়ক্ষেত্রেই জড় মাধ্যমেব প্রয়োজন। উপরন্তু

সূর্যতাপ পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ভেদ্য করিয়া আনিলেও বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডাই থাকে।

কারণ যত উষ্ণে আরোহণ করা যায় বায়ুমণ্ডল তত শীতল, ইহা আমাদের সকলের জ্ঞান আছে।) সুতরাং পৃথিবীতে সূর্য-তাপ পৌছিবার পদ্ধতি পরিবহণ ও পরিচলন হইতে ভিন্ন। ইহা একটি সম্পূর্ণ আলাদা পদ্ধতি। এই পদ্ধতিকে বিকিরণ বলা হয়।

একটি জলস্ত উত্তনের পাশে দাঁড়াইলে আমরা গরম অনুভব করি। ইহা পরিচলন দ্বারা হইতে পারে না, কারণ পরিচলনের ফলে উত্তপ্ত হাওয়া উপরে উঠিবে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা হাওয়া উত্তনের দিকে যাইবে। সুতরাং আমাদের ঠাণ্ডা লাগাই উচিত। আবার, পবিবহণ দ্বারাও হইতে পারে না। কারণ বায়ুর পরিবহণ ক্ষমতা খুব কম। অথচ আমরা গরম অনুভব করি। যেহেতু এই তাপ সঞ্চালন পবিবহণ বা পরিচলন দ্বারা হইতেছে না, সুতরাং বিকিরণ দ্বারা হইতেছে।

তিন পদ্ধতির প্রভেদ :

(1) পরিবহণ ও পরিচলনের ক্ষমতা কোন দ্রুত মাধ্যমে (কঠিন, তরল বা বায়বীয়) প্রয়োজন কিন্তু বিকিরণ এরূপ কোন মাধ্যমের সাহায্য না লইয়াও হইতে পারে।

(2) পরিবহণ বা পরিচলন খুব মন্থর পদ্ধতি কিন্তু বিকিরণ অতিশয় দ্রুত পদ্ধতি। বিকিরণের দ্রুতত্ব যে-বেগে তাপ সঞ্চালিত হয় তাহা আলোর বেগের সমান।

(3) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সর্বত্র স্রেষ্ঠা সমভাবে চলাচল করে কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ বক্রপথে চলাচল করিতে পারে। সুতরাং তাপ নিবারণ করিতে আমরা ছাতা খুলি। ইহা প্রমাণ করে যে সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে।

(4) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে না কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ যে-মাধ্যম অবলম্বন করিয়া চলাচল করে তাহাকে উত্তপ্ত করে।

7-2. তাপ পরিবাহিতা (Thermal conductivity) ও পরিবাহিতাক্ষ (Co-efficient of thermal conductivity) :

তাপ পরিবহণের গুণকে পদার্থের পরিবাহিতা বলে। সব পদার্থের পরিবাহিতা এক নয়। একটি কাঠের দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে রাখিয়া অন্য প্রান্ত অনেকক্ষণ পর্যন্ত হাতে ধরিয়া রাখা যায়, কিন্তু লোহার দণ্ডের বেলাতে

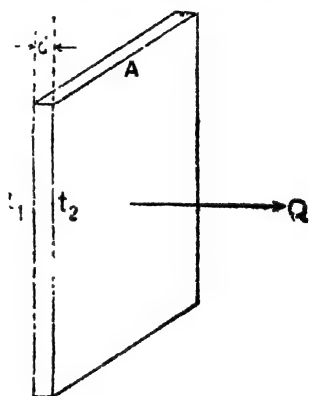
অল্পকণ পদার্থে সস্তা প্রায় এক প্রযুক্ত হইয়া উঠিবে যে ধরিয়া রাখা সম্ভব হইবে না। সুতরাং লোহা বস্তুর সহজে তাপ পরিবহন করিতে পারে কাঠ তাহা পারে না। এইজন্য বলা হয় লোহার পরিবাহিতা কাঠ অপেক্ষা বেশী।

যে-সমস্ত পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহন করিতে পারে তাহাদের সুপরিবাহী (good conductor) বলে এবং যে-সমস্ত পদার্থ পারে না তাহাদের কুপরিবাহী (bad conductor) বলে। প্রায় সব ধাতুই সুপরিবাহী এবং কাঠ, কাচ, কাপড়, রবার প্রভৃতি কুপরিবাহী।

পরিবাহিতাঙ্ক :

কোন পদার্থ কতটা তাপের পরিবাহী তাহা পরিমাণমূলক (quantitatively) ভাবে বুঝাইবার জন্য 'পরিবাহিতাঙ্ক' কথা ব্যবহৃত হয়। নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা হইতে পদার্থের 'পরিবাহিতাঙ্ক' কথাটির অর্থ সুস্পষ্ট হইবে।

ধব, আমরা কোন পদার্থের একটি আয়তাকার প্লেট লইলাম। প্লেটটির ক্ষেত্রফল A , বেধ (thickness) d এবং দুই সমান্তরাল পৃষ্ঠের তাপমাত্রা t_1 এবং t_2 ($t_1 > t_2$)। এই অবস্থায় প্লেটটির উষ্ণ পৃষ্ঠ হইতে ঠাণ্ডা পৃষ্ঠের দিকে লম্বভাবে তাপ পরিবাহিত হইবে [চিত্র নং ৭খ]। যদি ধরা যায় Q পরিমাণ তাপ পরিবাহিত হইল তাহা হইলে, এই তাপ



চিত্র ৭খ

(i) ক্ষেত্রফলের (A) সমানুপাতিক, অর্থাৎ $Q \propto A$ (ii) বেধের (d) ব্যস্ত অনুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto \frac{1}{d}$, (iii) তাপমাত্রা প্রভেদের ($t_1 - t_2$) সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto (t_1 - t_2)$ এবং (iv) যে-সময় (T) ধরিয়া তাপ পরিবাহিত হইতে দেওয়া হয় তাহার সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto T$ ।

সুতরাং,

$$Q \propto \frac{A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d} \quad [K = \text{কoefficient}]$$

একক 'K'-কে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাঙ্ক (co-efficient of thermal conductivity বা সংক্ষেপে, thermal conductivity) বলা হয়।

যদি $A=1$, $(t_1-t_2)=1$, $T=1$, $d=1$ হয়, তবে $Q=K$ অর্থাৎ একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফলযুক্ত পদার্থখণ্ডের বিপবীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ একক হইলে উহাব মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে এক সেকেন্ডে ষ-তাপ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পদার্থের পরিবাহিতাঙ্কেব সমান। যেমন 'তামাব পরিবাহিতাঙ্ক 0.92 বলিতে ইহাই বুঝাইবে যে এক সেন্টিমিটার পুরু, এক বর্গ সেন্টিমিটার ক্ষেত্রফলযুক্ত তামাব খণ্ড লইয়া উহাব বিপবীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা প্রভেদ 1°C করিলে, এক সেকেন্ডে 0.92 ক্যালরি তাপ উহাব মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠ লম্বভাবে প্রবাহিত হইবে।

এই প্রসঙ্গে মনে বাখিতে হইবে যে, সি জি এস পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এব একক হইবে	Calorie.
A	Sq cm
d	Cm
T	Second
t_1, t_2	Centigrade

ব' এক পি 'স্ পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q এব একক হইবে	B Th U
A	Sq ft
d	ft
T	Second
t_1, t_2	Fahrenheit

উদাহরণ :

(1) একটি লোহার প্লেটের বেধ 4 mm এব' ক্ষেত্রফল 150 sq cm ডহ ব বিপবীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা 00°C ও 30°C এব' এক সেকেন্ডে এক পৃষ্ঠ হতে অপর পৃষ্ঠে 3940 cal তাপ প্রবাহিত হয়। লোহাব পরিবাহিতাঙ্ক কত।

[An iron plate is 4 mm broad and its area is 150 sq cm The two opposite surfaces of the plate are at temperatures 100°C and 30°C and in 1 sec 3940 cal of heat flow from one surface to the other What is the thermal conductivity of iron ?]

উ। এখানে $d = 4 \text{ mm.} = .4 \text{ cm.}$; $A = 150 \text{ sq. cm.}$;
 $(t_1 - t_2) = 100^\circ - 30^\circ = 70^\circ \text{C}$; $Q = 3940 \text{ cal.}$; $T = 1 \text{ sec.}$; $K = ?$

$$\text{আমরা জানি, } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা, } 3940 = \frac{K \cdot 150 \times 70 \times 1}{.4}$$

$$\therefore K = \frac{3940 \times .4}{150 \times 70} = .15 \text{ C. G. S. (প্রায়)}$$

(2) একটি ঘরের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল 100 sq. metres এবং বেধ 50 cm.; ঘরের বাহিরের এবং ভিতরের তাপমাত্রা যথাক্রমে 35°C ও 25°C হইলে প্রতি সেকেন্ডে দেওয়াল ভেদ করিয়া কত তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে?
 [দেওয়ালের সিমেন্ট প্রভৃতির পরিবাহিতাঙ্ক = .002]

[The wall of a room is 100 sq. metres in area and 50 cm. thick. The temperatures outside and inside the room are 35°C and 25°C respectively. How much heat will flow per sec. through the wall from outside to inside? The thermal conductivity of cement etc. = .002]

$$\text{উ। আমরা জানি, } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d}$$

এখানে $K = .002$; $A = 100 \text{ sq. metres} = 10^6 \text{ sq. cm.}$,
 $d = 50 \text{ cm.}$, $(t_1 - t_2) = 10^\circ \text{C}$, $T = 1 \text{ sec.}$

$$\text{সুতরাং } Q = \frac{.002 \times 10^6 \times 10 \times 1}{50} \text{ cal.}$$

$$= 400 \text{ cal.}$$

(3) একটি লৌহ ঘনকের (cube) ক্ষেত্রফল 4 sq. cm. এবং ইহার এক পার্শ্ব ঈষৎ ও অপর পার্শ্ব বরফের সহিত সংস্পর্শযুক্ত। 10 মিনিট সময়ে কতখানি বরফ গলিয়া যাইবে নির্ণয় কর। (লৌহের পরিবাহিতাঙ্ক = 0.2)।

[An iron cube having an area of 4 sq. cm. has one side in contact with steam and the opposite side with ice. Calculate the amount of ice that would melt in 10 minutes. Thermal conductivity of iron = 0.2.]

উ। ঘনকের ক্ষেত্রফল = 4 sq. cm., সুতরাং উহার বেধ = 2 cm.; উহার দুই পার্শ্বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 100°C (ঈষৎ) ও 0°C (বরফ)। সুতরাং উষ্ণ

প্রাক্তন হইতে শীতল প্রাক্তন যদি Q তাপ 10 মিনিট সময়ে প্রবাহিত হয় তবে

$$Q = \frac{K.A (t_1 - t_2) T}{d}$$

$$= \frac{0.2 \times 4 \times 100 \times 10 \times 60}{2}$$

$$= 24000 \text{ cal}$$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিবার জন্য 80 cal তাপ প্রয়োজন।
সুতরাং উপবোক্ত তাপে যে-বরফ গলিবে তাহার পরিমাণ $= \frac{24000}{80}$
 $= 300 \text{ gms}$

(4) একটি ঘনকেব প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 10 cm এবং উহাকে 0°C তাপমাত্রার বরফ দিয়া ভর্তি করিয়া 100°C তাপমাত্রার জলে ভিতর সম্পূর্ণ নিমজ্জিত করা হইল। সব বরফ গলিতে কত সময় লাগিবে নির্ণয় কর।
ঘনকেব প্রত্যেক পার্শ্ব 0.2 cm পুরু এবং উহার তাপ পরিবাহিতাঙ্ক $= 0.2 \text{ C.G.S unit}$ এবং ঘনত্ব $= 0.92 \text{ gm/cc}$

[A cubical vessel of 10 cms side is filled with ice at 0°C and is immersed in a water bath at 100°C . Find the time in which all ice will melt. Thickness of the vessel 0.2 cm, thermal conductivity of its material $= 0.2 \text{ C.G.S unit}$ and density of ice $= 0.92 \text{ gm/cc}$]

উ। বরফের আয়তন $= 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ cc}$

এ বরফের ভর $1000 \times 0.92 = 920 \text{ gms}$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিতে 80 cal তাপ প্রয়োজন। সুতরাং
920 gms. বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $= \frac{920}{80} = \frac{23}{2} \text{ cal}$

ধন, এ তাপ 'T' sec সময়ে জল হইতে বরফে পরিবাহিত হইল। এখন,
আমরা জানি, $Q = \frac{K.A (t_1 - t_2) T}{d}$
এখন, $K = 0.2$, $A = 10 \times 10 \text{ sq. cm.}$, $(t_1 - t_2) = 100^\circ\text{C}$, $d = 0.2 \text{ cm.}$,
কাজেই ঘনকেব প্রত্যেক পার্শ্ব হইতে যে তাপ পরিবাহিত হইবে তাহা
C cal. এরিবে,

$$Q = \frac{0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

অতএব, বলকের সব পার্শ্ব হইতে মোট তাপ বাহ্য পরিবাহিত হইবে তাহা

$$6 \times Q = \frac{6 \times 0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

$$\therefore \frac{23}{2} = \frac{6 \times 0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

$$\text{or, } T = \frac{23}{12} \times 10^{-4} = 1.9 \times 10^{-4} \text{ sec.}$$

কয়েকটি পদার্থের পরিবাহিতাক্রমের তালিকা

(সি. জি. এন্স পদ্ধতিতে)

পদার্থ	পরিবাহিতাক্রম	পদার্থ	পরিবাহিতাক্রম
কপা	97	দস্তা	26
সোনা	70	সীসা	08
তামা	92	লোহা	16
আলুমিনিয়া	50	কাচ	002

7-3 বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা (Comparison of conductivities of different substances) :

নিম্নে বর্ণিত পদ্ধতিদ্বারা বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা করা যাক।

পরীক্ষা :

(1) 50 সেন্টিমিটার লম্বা ও প্রায় তিন মিলিমিটার ব্যাসযুক্ত তামা, লোহা ও সীসার তিনটি তার লও।

এই তিনটি তার একপ্রান্ত একসঙ্গে মোচড়াইয়া ছুড়িয়া দাও এবং সেই প্রান্ত বানান দ্বারা উত্তপ্ত কর (7গ নং চিত্র)। তিন চার মিনিট পরে



বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা

চিত্র 7গ

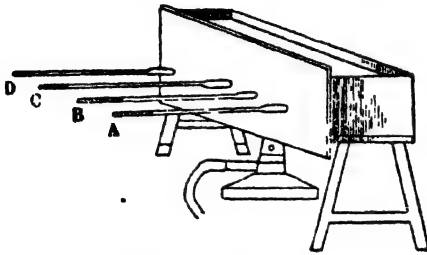
একটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রত্যেক তারের গা বাহিয়া শীতল প্রাপ্ত হইতে উৎপ্রাস্তের দিকে লইয়া

যাও। দেখিবে যে বিভিন্ন তারে বিভিন্ন জায়গাতে গিয়া দেশলাইয়ের কাঠি জলিয়া উঠিবে। তামার তারে

সর্বাপেক্ষা কম দূর ঝাইতে হইবে, তারপর লোহার তার এবং সীসার তারে সর্বাপেক্ষা বেশী দূর ঝাইতে হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে তামা সবচাইতে সহজে তাপ পরিবহণ করে—তারপর লোহা এবং সবশেষে সীসা।

(2) Ingenhauz-এর পরীক্ষা :

৭ম নং চিত্রে এই পরীক্ষার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A, B, C এবং



Ingenhauz-এর পরীক্ষা ব্যাপ্তা

চিত্র ৭ম

D কতগুলি বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড। ইহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ সমান এবং ইহাদের উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ লাগানো আছে। দণ্ডগুলি একটি খাতব-পাত্রেব ভিত্তব এমন ভাবে ঢুকানো যে পাত্রেব ভিত্তবে প্রত্যেক দণ্ডের দৈর্ঘ্য সমান। খাতবপাত্রে ডল বাখিয়া ঢুটাইলে প্রত্যেক দণ্ডের এক প্রান্ত ফুটন্ত জলেব তাপমাত্রা পাইবে। অল্পপ্রাপ্ত শীতল পানিয়া দণ্ড বাখিয়া তাপ প্রবাহিত হইবে এবং তাহার ফলে দণ্ডের গায়ে যে-মোমের প্রলেপ লাগানো আছে তাহা গলিতে শুরু করিবে। তখন প্রত্যেক দণ্ডের উষ্ণতা স্থির অবস্থায় আসিবে তখন মোম গলা বন্ধ হইবে। দেখা যাইবে যে বিভিন্ন দণ্ডের মোম গলার দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। যে-দণ্ড মোম বেশী দূর গলিবে সেই দণ্ডের পরিবাহিতা বেশী।

দণ্ডগুলির পরিবাহিতাস্থ k_1, k_2, k_3 ইত্যাদি হইলে এম' মোমগলনের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে l_1, l_2, l_3 ইত্যাদি হইলে, ইহা প্রমাণ করা যায় যে

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{k_2}{k_1} \quad \frac{l_2}{l_3} = \frac{k_3}{k_2} = \dots \text{ইত্যাদি}$$

যে-কোন একটি দণ্ডের পরিবাহিতাস্থ জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণেব সাহায্যে অত্র দণ্ডের পরিবাহিতাস্থ নির্ণয় করা যাইবে। তবে, উপরোক্ত সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করিবার সময় দুইটি শর্ত আরোপ করা হয়। প্রথমত দণ্ডগুলির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান হওয়া প্রয়োজন এবং দ্বিতীয়ত দণ্ডগুলির তাপ বিকিরণ ক্ষমতা (emissivity) সমান করিতে হইবে। তাপ বিকিরণ-ক্ষমতা বস্তুর পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল বলিয়া প্রত্যেক দণ্ডের গায়ে সমান

জাবে যোমের প্রলেপ লাগাইয়া উহাদের তাপ বিকিরণ কমতা সমান করিয়া লওয়া হয়। তাছাড়া নগুগুলি এমনভাবে বাছাই করা হয় যে উহাদের প্রত্যেকের গ্রহণের সমান।

X7-4. স্থিরপূর্ব অবস্থা (Variable state), স্থির অবস্থা (Steady state) এবং তাপ ব্যপনতা (Diffusivity) :

কোন দণ্ডের একপ্রান্ত উত্তপ্ত করিলে, যতই দণ্ড বাহিয়া তাপ চলাচল করিতে থাকে তত দণ্ডের দূরবর্তী বিন্দুগুলির তাপমাত্রা বাড়িতে থাকে এবং দণ্ডের দৈর্ঘ্যের লম্ব বরাবর তির্যক স্তরগুলির (transverse layers) তাপমাত্রাও বাড়িতে থাকে। এই অবস্থাকে স্থিরপূর্ব অবস্থা বলে। কিছুক্ষণ পরে, প্রত্যেক তির্যক স্তরগুলি একটি সর্বোচ্চ তাপমাত্রায় উপস্থিত হয়—যদিও এই সর্বোচ্চ তাপমাত্রার মান ঐ দণ্ডের উত্তপ্ত প্রান্ত হইতে যত দূরে যাওয়া যাইবে তত একটু একটু কবিয়া হ্রাস পাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত দণ্ডের উত্তপ্ত প্রান্তেব তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিবে ততক্ষণ প্রত্যেক স্তর নিজস্ব সর্বোচ্চ তাপমাত্রা অক্ষুণ্ণ রাখিবে। এই অবস্থাকে বলা হয় স্থির অবস্থা।

স্থিরপূর্ব অবস্থায়, যে-কোন স্তর উহাব পূর্ববর্তী স্তর হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপ পায় এবং ঐ তাপের কিয়দংশ ঐ স্তর শোষণ করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে, কিয়দংশ বিকিরণ পদ্ধতিতে চতুর্দিকে ছাড়াইয়া দেয় এবং বাকীটা পৰ্ববর্তী স্তরে হস্তান্তরিত কবে। সুতরাং এই অবস্থায় পরিবহণ ও শোষণ উভয় কার্যই একসঙ্গে চলে এবং উহাদের মিলিত অবস্থাকে বলা হয় তাপ ব্যপনতা।

ধাতবদণ্ড প্রভৃতির মত যে-কোন বস্তুব ভিতর দিয়া তাপ ব্যপনতার হার শুধু বস্তুব উপদানের পবিবাহিতাদেব উপর নির্ভব করে তাহা নয়, উহার আংশিক তাপেব উপরও নির্ভব কবে, কারণ ঐ অবস্থায় যে তাপ শোষিত হয় তাহা ঐ বস্তুব তাপগ্রাহিতাব উপর নির্ভব কবে। প্রমাণ করা যায় যে,

$$\text{তাপ ব্যপনতা} = \frac{\text{পবিবাহিতাঙ্ক}}{\text{আংশিক তাপ} \times \text{ঘনত্ব}} = \frac{K}{S\rho}$$

[K = পবিবাহিতাঙ্ক ; S = আংশিক তাপ ; ρ = ঘনত্ব]

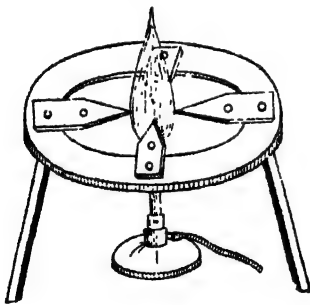
তাপ ব্যপনতার সংজ্ঞা হিসাবে আমরা বলিতে পারি যে, কোন পদার্থের ভিতর দিয়া যে-হারে তাপমাত্রা পবিবর্তন করে তাহাই ঐ পদার্থের তাপ ব্যপনতার সমান।

স্থিরপূর্ব অবস্থায়, পরিবাহিতার এবং আপেক্ষিক তাপ উভয়েরই ভূমিকা আছে; কিন্তু স্থির অবস্থায় তাপের কোন শোষণ হয় না বলিয়া তাপ চলাচল ব্যাপারে শুধু পরিবাহিতাকের গুরুত্ব থাকে। স্থির অবস্থায় কোন স্তর কে-তাপ পায় তাহার কিয়দংশ বিকিরণের দ্বারা নষ্ট হয় এবং বাকীটা পরিবহণ প্রণালীতে পরবর্তী স্তরে স্থানান্তরিত হয়—তাপের কোনরূপ শোষণ হয় না।

কোন বস্তুর তাপ ব্যাপনতা খুব বেশী এবং পরিবাহিতা খুব কম হইতে পারে; আবার কোন বস্তুর ক্ষেত্রে উল্টা ব্যাপারও হইতে পারে। যেমন, লোহা অপেক্ষা বিসমাথের তাপ ব্যাপনতা বেশী এবং বিসমাথ অপেক্ষা লোহার তাপ পরিবাহিতা বেশী। ইহার কারণ বিসমাথের তাপগ্রাহিতা খুব কম।

7-5. বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যাপনতা বিভিন্ন তাহা দেখাইবার পরীক্ষা :

বিভিন্ন পদার্থ—যেমন, তামা, লোহা, দস্তা এবং গ্লেটের তৈয়ারী চারটি চ্যান্ডা দণ্ড একটি কাঠের গোলাকার ফ্রেমে এমনভাবে আঁপদ্ধ করা আছে যে



চিত্র 7৬

উপরেব এক প্রান্ত দ্বারা সর্বদা এক ফ্রেমের কেন্দ্রের কাছাকাছি আঁসিয়া ঠেকিয়াছে (চিত্র নং 7৬)। যখন ফ্রেমের কেন্দ্রে একটি বানান বাঁধিয়া দণ্ডগুলির একপ্রান্ত উদ্ভূত করা হইবে, তখন এই প্রান্তগুলি সমতাপমাত্রা লাভ করিবে এবং প্রত্যেক দণ্ড বাহিয়া তাপ চলাচল করিবে। কেন্দ্র হইতে সমদূরে প্রত্যেক দণ্ডের অপর প্রান্তে একটি গতে কিছু

ফসফরাস রাখা আছে। দেখা যাইবে যে তামার দণ্ডের ফসফরাস সর্বাগ্রে জলিয়া উঠিল; তারপর জলিবে দস্তার দণ্ডের এবং দস্তার দণ্ডের পর জলিতে দেখা যাইবে লোহার দণ্ডের ফসফরাস। কিন্তু গ্লেটের ফসফরাস কখনই জলিবে না। ইহা প্রমাণ কবে যে তামার দণ্ডের তাপমাত্রার পরিবর্তন সর্বাধিক এবং গ্লেটের সর্বাপেক্ষা কম। অর্থাৎ, বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যাপনতা বিভিন্ন।

7-6. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী এবং তাপের ব্যবহার (Good conductors and bad conductors and their uses) :

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে সকল দাতুই তাপের ভাল পরিবাহী। ইহার মধ্যে রূপা সর্বাধিক এবং তাহার পরেই তামা। সাধারণত তরল পদার্থ অপেক্ষা কঠিন পদার্থ তাপের সুপরিবাহী, আবার গ্যাস অপেক্ষা তরল বেশী সুপরিবাহী। যেমন, তামার পরিবাহিতা জলের পরিবাহিতার প্রায় 700 গুণ, আবার জলের পরিবাহিতা বায়ুর পরিবাহিতার প্রায় 25 গুণ। বায়ু যে তাপের কুপরিবাহী তাহা নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হইবে।

এক হাতে কিছু চকের গুঁড়া লও—যে গুঁড়াগুলি খুব সূক্ষ্ম নয়, একটি স্থূল যাহাতে গুঁড়াগুলির মধ্যে কিছু বায়ু আবদ্ধ থাকে। অন্য হাতে খুব সূক্ষ্ম গুঁড়া লও যাহাতে বিশেষ কোন বায়ু আবদ্ধ থাকিবে না। এখন, একটি উত্তপ্ত ধাতব বস্তু এক হাতে হইতে অপর হাতে লইলে যে-হাতে সূক্ষ্ম গুঁড়া আছে সেই হাতে বলটি বেশী উত্তপ্ত মনে হইবে। ইহার কারণ বায়ুর ভিতর দিয়া তাপ চলাচল কঠিনে পাবে না।

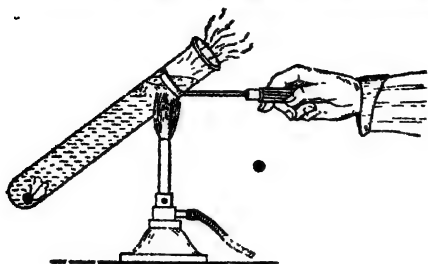
উল, তুলা, আসবেসটস্ প্রভৃতি তাপের কুপরিবাহী। তাই তাপ-নিবারক (heat insulators) হিসাবে ইহাদের ব্যবহার আছে। বেত্রজারেটার এবং কুকাবেব দেওয়ালে লাতিন হিসাবে আসবেসটস্ ব্যবহৃত হয়। আসবেসটস্ তড়ৎ এবং প্রাণিকের সহযোগে তৈয়াবী আসবেসটস্ সিনেন্ট বয়লার এবং স্টীম পাইপের আবরণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। উল, তুলা প্রভৃতি দ্বারা গরম পোশাক, লেপ প্রভৃতি তৈয়াবী হয় যাহা আমবা শীতকালে ব্যবহার কবি।

তামার সুপরিবাহীতার জগা রাঁদিবাব বাসনপত্র বা ছোটখাটো বয়লার তামার তৈরী হয়। এঞ্জিনের সিলিণ্ডার এবং পিস্টনমুখ (piston head) নির্মাণে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার কবা হয়। ডেভীর নিরাপত্তা বাতি তামার জালি দিয়া তৈরী করা হয়।

7-7. জলের নিম্নপরিবাহিতা প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experiment to show low conductivity of water) :

একটি লম্বা টেস্ট টিউব জলপূর্ণকর। একখণ্ড বরফকে এক টুকরা লোহার সহিত আটকাইয়া জলের ভিতর ছাড়িয়া দাও। লোহার টুকরা ভারী বলিয়া উহার সহিত আটকানো বরফ জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে না।

এইবার টেস্ট টিউবটিকে কাত করিয়া ধরিয়া (7চ নং চিত্র) টিউবের



জল তাপের কুপরিবাহী
চিত্র 7চ

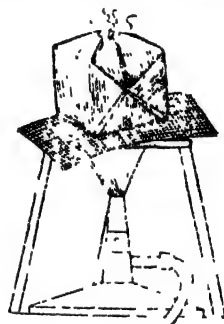
উপরের অংশ বুনসেন বার্নার দ্বারা গরম কর। সাবধানে পরীক্ষা চালাইলে দেখা যাইবে যে টিউবের উপরের অংশের জল ফুটিতেছে কিন্তু নীচের অংশের বরফ গলে নাই। অর্থাৎ জল তাপের কুপরিবাহী বলিয়া উপর হইতে নীচ তাপ

পরিবহণ করিল না এবং তাহার জন্য বরফ টুকুবাটিও গলিতে পারিল না।

7-8. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী সংক্রান্ত কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) কাগজের পাত্র পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাগজের পাত্র তৈরী করিয়া তাহাকে আংশিক জলপূর্ণ কর। ঐ জলকে তাপ প্রদান করিয়া কেটলির জলের মত ফুটানো যাইবে কিন্তু কাগজ পুড়িবে না (7ছ নং চিত্র)। ইহার কারণ এই যে পাতলা কাগজের মধ্য দিয়া তাপ শীঘ্র জলে চলিয়া যায়। কাজেই জল ক্রমশ উত্তপ্ত হইয়া ফুটিবে কিন্তু কাগজ যথেষ্ট গরম হইবে না এবং পুড়িবে না। কিন্তু পাত্রটি যদি মোটা কাগজের হয় তবে পুড়িয়া যাইবে কারণ মোটা কাগজের ভিতর দিয়া তাপ দ্রুত যাইতে পারে না। অর্থাৎ, মোটা কাগজ তাপের কুপরিবাহী।

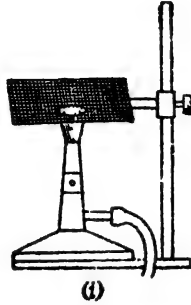


কাগজের পাত্র পরীক্ষা
চিত্র 7ছ

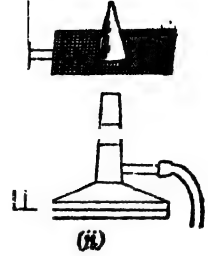
(2) অগ্নিশিখা ও তারের জাল পরীক্ষা :

একটি জলস্ত বুনসেন বার্নারের (অভাবে মোমবাতি) শিখার উপর একটি তামার তারের জাল চাপিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে শিখা জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিতে পারে না ; জালের নীচে জলিতে থাকে [7জ (i) চিত্র]। ইহার কারণ এই যে তামা তাপের সুপরিবাহী। শিখা জালের সংস্পর্শে

আলিবাখ জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয়। কলে জালের উপরের গ্যাস উদ্ভূত হইতে পারে না এবং জলনবিন্দুতে (ignition point) পৌছায় না।



(i)



(ii)

অগ্নিশিখা ও তাবের জাল পরীক্ষা

চিত্র 7জ

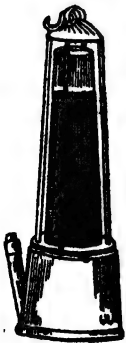
আগুন দিয়া গ্যাস জালাইলে দেখা যাউবে যে শিখা শুধু জালের উপরেই রহিল : নীচে প্রসারিত হইল না [7জ (ii) নং চিত্র]। ইহার কারণও এই যে তামাব জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেওয়াতে তলার গ্যাস জলনবিন্দুতে পৌছায় না।

[দ্রষ্টব্য : এই শেষের পরীক্ষাটি মোমবাতির দ্বারা হইবে না।]

(3) ডেভীর নিরাপত্তা বাতি (Davy's safety lamp) :

পূর্ববর্ণিত তামাব জালের অপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া স্ত্রার হাম্ফ্রে ডেভী এক নিরাপত্তা বাতির উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে এই বাতি ব্যবহার করা যাউতে পারে।

7ঝ নং চিত্রে এই বাতির আকৃতি দেখানো হইল। এই বাতির অগ্নিশিখাকে



ডেভীর নিরাপত্তা বাতি

চিত্র 7ঝ

একটি ঠাস-বুনন তামাব জাল দিয়া ঘিরিয়া রাখা হয়। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ স্থানে এই বাতি জালাইলে বাহির হইতে গ্যাস জাল ভেদ করিয়া বাতির ভিতরে অল্প অল্প ঢুকিবে এবং ভিতরের অগ্নি-সংস্পর্শে জলিবে কিন্তু তামাব জাল অপরিবাহী বলিয়া তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দিবে এবং বাহিরের গ্যাসকে শীঘ্র জলন-বিন্দুতে পৌছাইতে দিবে না। কাজেই কোন বিস্ফোরণ হইবে না। বিস্ফোরক গ্যাস বাতির ভিতর ঢুকিলে শিখার রং বদলাইয়া যায় এবং তাহা দ্বারা ঐ গ্যাস সম্বন্ধে খনির লোক সচেতন হয়। এই বাতিতে এমন পরিমাণ তেল লওয়া হয় যে

বাহিরের গ্যাস অল্প অল্প উত্তপ্ত হইয়া স্বতন্ত্রভাবে জ্বলন বিন্দুতে পৌঁছায়। তৎকালে তেলও নিঃশেষ হইয়া যায় এবং বাতি মিছিয়া যায়।

আজকাল খনিতে বৈজ্যতিক বাতি ব্যবহার করা হয়। কিন্তু খনিতে বিস্ফোরক গ্যাস আছে কি-না তাহার পরীক্ষা ডেভী'র নিরাপত্তা বাতি দ্বারাই করা হয়।

7-9. তাপ পরিবহনের কতকগুলি ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (Some practical illustrations of conduction of heat) :

(1) শীতকালে আমরা যে গরম পোশাক ব্যবহার করি তাহা আসলে গরম নহে। যে-কোন তথাকথিত 'গরম' পোশাক ও অত্যাধিক পোশাক থার্মোমিটার দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাদের তাপমাত্রা সমান। তবে শীতকালে গরম পোশাক পরিলে শীত লাগে না বলিয়া উহাদের গরম বলা হয়। ঐ পোশাক পশমের তৈয়াবী বলিয়া উহার ভিতর অসংখ্য ছিদ্র থাকে এবং ঐ ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং পশমের পোশাক পরিলে উক্ত বায়ুস্তর আমাদের দেহের তাপকে বাহিরে যাইতে দেয় না। কাজেই দেহ গরম থাকে। কিন্তু সূর্যবস্ত্রে আঁশগুলি আলগাভাবে থাকে না বলিয়া ইহাদের ভিতর বায়ুস্তরও থাকিতে পারে না। এঁই কারণে সূর্যবস্ত্র কম তাপ-নিবাহক।

একই কাবণে একটি জামা পবিলে শীতকালে যতটা আরাম বোধ হয় একটি জামার সমান পুরু কিন্তু দুইটি জামা গায়ে দিলে অনেক বেশী আবাম বোধ হয়। দুইটি জামা গায়ে দিলে দুই জামার মাঝখানে একটি বায়ুস্তর আবদ্ধ থাকে। এই আবদ্ধ বায়ুস্তর চলাচল করিতে পারে না বলিয়া দেহের তাপ পরিচলন পদ্ধতিতে দেহের বাহিরে যাইতে পারে না; আবাম পরিবহন প্রণালীতেও তাপ বাহিরে যাইতে পারে না কারণ বায়ু নিজে তাপের কু-পরিবাহী। ফলে, দেহের তাপ দেহে আবদ্ধ থাকে এবং বেশ আরাম বোধ হয়।

দুইটি জামার বদলে সমান পুরু একটি জামা গায়ে দিলে ঐ জামার কাপড়ের আঁশগুলির মধ্যে যতটুকু বায়ু আটকা থাকে তাহাই তাপ চলাচলের বাধা সৃষ্টি করে। কাজেই দেহের তাপ তত ভালভাবে রক্ষিত হয় না।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে নতুন লেপ গায়ে দিলে যত আবাম বোধ হয় পুরাতন লেপে তত হয় না। ইহার কারণও একই। নতুন লেপের তুলার ভিতর যথেষ্ট বায়ু আবদ্ধ থাকে কিন্তু পুরাতন লেপে তুলাগুলি পিষ্ট হইবার জন্য তত বায়ু থাকে না।

(2) কাচের বোতলের ছিপি বোতলের মুখে শক্তভাবে আঁকুইয়া গেলে বোতলের মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি আলগা হয়।

ইহাব কারণ এই যে কাচ তাপের কুপরিবাহী। তাপ পাইয়া বোতলের মুখ প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ সেই তাপ ছিপিতে পবিতরণ কবিতে বেশ কিছু সময় নেয়। ফলে ছিপি প্রসারিত হয় না এবং আলগা হইয়া যায়।

(3) কোন ঠাণ্ডা ঘরের ধাতব বস্তুতে হাত দিলে বেশ শীতল মনে হয়, কিন্তু কাঠের জিনিস তত শীতল মনে হয় না, যদিও থার্মোমিটারে সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে যে উভয় বস্তুই তাপমাত্রা এক। ইহাব কারণ এই যে, ধাতব বস্তু তাপের সুপরিবাহী বলিয়া হাত হইতে শীঘ্র তাপ টানিয়া লয়। সেইজন্য ধাতব বস্তু স্পর্শ কবিলেই ঠাণ্ডা অনুভূতি হয়। কিন্তু কাঠ তাপের সুপরিবাহী নয় বলিয়া ঐরূপ ঠাণ্ডা অনুভূতি হয় না।

টিক এবই কারণে একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ বাহিরে বোত্রে কিছুক্ষণ ফেলিয়া রাখা পব স্পর্শ কবিলে লোহা বেশী গরম বলিয়া মনে হইবে, যদিও উভয়েই ত পমাত্রা সমান।

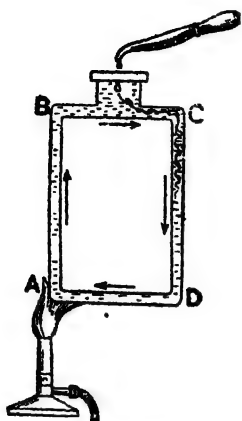
(4) কেটলিৰ হাতলে বে • জড়নো থাকে এবং ফুটন্ত জলপূর্ণ কেটাল ঐ হাতলদ্বারা বাঁলে বেশী গরম লাগে না। ইহাব কারণ এই যে বত তাপের কুপরিবাহী।

(5) ববফের ঢুক্বাকে সাধারণত কাঠের গুঁড়া দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয় এবং ঐ অবস্থায় ববফ না গলিয়া অনেকক্ষণ থাকে। ইহাব কারণ কাঠের গুঁড়া তাপের কুপরিবাহী। বাহির হইতে তাপ গুঁড়া ভেদ কবিয়া ববফে পৌছায় না। সুতরাং ববফও গলে না।

(6) গ্রামাঞ্চলে খড়ের ছাদযুক্ত বাসগৃহ দেখিতে পাওয়া যায়। খড় তাপের কুপরিবাহী। তাই গ্রীষ্মকালে ছাদ ভেদ কবিয়া তাপ গৃহে প্রবেশ কবিতে পারে না বলিয়া গৃহে অভাস্তব শীতল থাকে। আবার শীতকালে অভাস্তব তাপ বাহিরে যাইতে পারে না বলিয়া শীতকালে ঐ বাসগৃহ গরম থাকে। টিনের ছাদযুক্ত গৃহে তাহা হয় না। টিন তাপের সুপরিবাহী হওয়াতে ঐ গৃহ গরমকালে অত্যধিক গরম ও শীতকালে ঠাণ্ডা হইবে।

7-10. তাপ পরিচলনের কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) 7এ নং চিত্রে প্রদর্শিত পাত্রে মত একটি চতুর্কোণ কাচের পাত্র



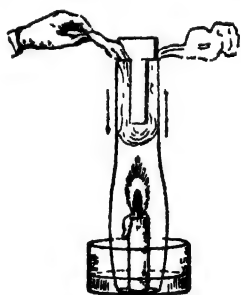
জলে পরিচলন শ্রোত

চিত্র 7এ

লইয়া জলপূর্ণ কর। পাত্রে মত এক টুকরা নীল ছাড়িয়া দিয়া যে কোন লম্বা বাহুতে (ধর AB) তলা হইতে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে AB বাহু দিয়া পরিষ্কার জল উপরে উঠিবে এবং CD বাহু দিয়া নীল জল নীচে নামিবে এবং এইভাবে একটি জলশ্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে সমস্ত জল একই তাপমাত্রায় আসিবে। উত্তপ্ত জলের শ্রোত দ্বারা তাপের এই সঞ্চালনকে পরিচলন বলে এবং এই শ্রোতকে পরিচলন শ্রোত (convection current) বলে।

(2) জলের মত বায়ুতেও পরিচলন শ্রোত সৃষ্টি হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে পরিচলন শ্রোত দেখানো যাইবে।

একটি পাত্রে কিছু জল ঢালিয়া উহার মধ্যে একটি জলহীন মোমবাতি বসায়। বাতিটিকে একটি কাচের চিম্নি দিয়া এমনভাবে ঢাকিয়া দাও যেন চিম্নির তলদেশ জলে ডুবিয়া থাকে (7ট নং চিত্র)। দেখিবে শিখাটি আস্তে আস্তে ক্ষীণ হইয়া নিভিয়া যাইবে। কারণ চিম্নির ভিতরের হাওয়ার অক্সিজেন পুড়িয়া গেলে নতুন হাওয়া তলা দিয়া জলভেদ করিয়া আসিতে পারে না। কাজেই চলাচলের পথ বন্ধ হইয়া যাওয়াতে বায়ুতে পরিচলন শ্রোতের সৃষ্টি হয় না। সেইজন্য কিছুক্ষণ পরে শিখাটি নিভিয়া যায়।



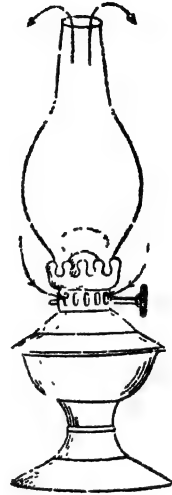
বায়ুতে পরিচলন শ্রোত

এইবার বাতিটিকে পুনরায় জালিয়া একটি মোটা

চিত্র 7ট

কাগজক T অক্ষরের মতন কাটিয়া ছবিতে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমন চিম্নির মুখে রাখ। ইহা চিম্নিকে দুইটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করিবে। ইহাতে চিম্নির ভিতরে পরিচলন শ্রোতের সৃষ্টি হইবে এবং বাতি জলিতে থাকিবে।

একখণ্ড রুটি কাগজ তাপিন তেলে ভিজাইয়া শুক কর এবং উহাতে অগ্নিসংযোগ কর। কাগজটি প্রচুর ধূম সৃষ্টি করিবে। এই ধূমায়মান কাগজকে চিম্নির মুখে ধরিলে দেখিবে যে ধূম T কাগজের একপাশ দিয়া চিম্নিতে প্রবেশ করিতেছে এবং অপর পাশ দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। এই ধোঁয়াব গতি প্রমাণ করে যে, চিম্নিব ভিতরে বায়ুর পরিচলন শ্রোত সৃষ্টি হইয়াছে। ইহাতে শিখাটি অন্ধ্রিভেন, পাইয়া অনেকক্ষণ জলিতে থাকে।



(3) টেবুল ল্যাম্প বা হ্যারিকেন লঠন জলিবার শিখনেও বায়ুর এই পরিচলন শ্রোত দায়ী। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে বাতির চিম্নি যে ফ্রেমের সহিত আটকানো তাহাতে কয়েকটি ছিদ্র আছে। যখন বাতি জলে তখন বাতির উপরকার বায়ু গবম হইয়া উপরে উঠে এবং পাশের ঠাণ্ডা হাওয়া এই ছিদ্র দিয়া চিম্নিতে প্রবেশ করে এবং অন্ধ্রিভেন সববাত্ত করে [চিত্র নং 7১]। তখন শিখা জলিতে থাকে।

টেবুল ল্যাম্প জলিবার জন্ত
বায়ুতে পরিচলন শ্রোত প্রয়োজন
চিত্র 7১

এই ছিদ্রগুলি যদি মোম দিয়া বন্ধ করা যায় তবে মড়ন হাওয়া ঢাকতে পারে না এবং শিখাটি কিছুক্ষণ জলিয়া পরে নিভিয়া যায়।

(4) একটি জলস্ত উত্তনের ঠিক উপরে কিছু দূরে হাত রাখিলে হাতটা গরম বোধ হয় সমান দূরে উত্তনের পাশে হাত রাখিলে ততটা গরম বোধ হয় না। ইহার কারণ এই যে উত্তনের উপরের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া হালকা হয় এবং উপরে উঠিয়া যায় এবং পার্শ্ববর্তী স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল বায়ু আশ্রয়ের দিকে প্রবাহিত হয়। এইভাবে একটি পরিচলন শ্রোতের সৃষ্টি হয়। ইহাতে উপরের বায়ু দ্রুত উত্তপ্ত হইয়া পড়ে এবং হাতে বেশ গবম লাগে। উত্তনের পাশে তাপ সঞ্চালিত হইবার জন্য পরিবহণ ও বিকিরণ দায়ী। কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী বলিয়া পরিবহণ প্রণালীতে বিশেষ কিছু তাপ সঞ্চালিত হইবে না। যেটুকু তাপ সঞ্চালিত হইবে তাহা বিকিরণের দরুন হইবে। তাছাড়া, পরিচলন শ্রোতের জন্য আশপাশ হইতে ঠাণ্ডা বায়ু উত্তনের দিকে অগ্রসর হইয়া উত্তনের পাশের তাপ অনেক হ্রাস করিয়া দেয়।

7-11. বিভিন্ন কার্যে ও প্রকৃতিতে পরিচলন প্রক্রিয়ার প্রয়োগ (Practical applications of convection of heat for different purposes and in nature):

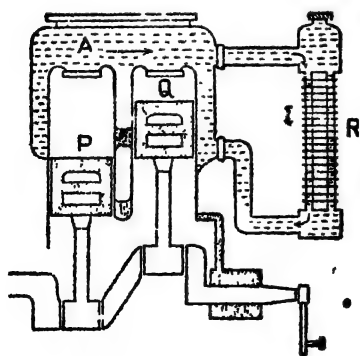
(1) উষ্ণ বায়ুদ্বারা ঘর গরম রাখা :

শীতপ্রধান দেশে বাড়িঘর গরম রাখার জন্য উষ্ণ বায়ুর পরিচলন শ্রোতকে কাজে লাগানো হয়। বাহিব হইতে হাওয়া পাইপ দিয়া ঘরে আনিয়া উহাকে গরম করা হয়। হাওয়া গরম হওয়াতে হাল্কা হইয়া উপরে উঠিতে চায় এবং উহাকে পাইপের সাহায্যে বিভিন্ন ঘরে লইয়া যাওয়া হয়। ফলে ঐ ঘরগুলি গরম থাকে। হাওয়া তাপ ছাড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে ভারী হইয়া পড়ে। তখন উহা আবার নীচে আসে এবং উহাকে পুনরায় গরম করা হয়। এইভাবে বায়ুতে পরিচলন শ্রোত সৃষ্টি করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। এই পদ্ধতির ব্যবস্থাকে 'central heating' বলে।

(2) মোটর গাড়ীর এঞ্জিন শীতলীকরণ ব্যবস্থা (Cooling system of an automobile engine):

মোটর গাড়ীর এঞ্জিনের সিলিন্ডারের ভিতর পিস্টন (7ড নং চিত্রে P, Q প্রভৃতি) গঠনামা করার সময় পেট্রল বাষ্পের দহন হয়। তাহলে ফলে প্রচুর তাপ সৃষ্টি। এত কারণে সিলিন্ডারগুলিকে শীতল রাখিবাব জন্য ব্যবস্থা করা হয়। 7ড নং চিত্রে এই শীতলীকরণ ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

A একটি জলাধার যাচা সিলিন্ডারগুলিকে বেঞ্জন করিয়া থাকে। এই জলাধারের একপ্রান্ত তাপ-বিকিরক (radiator) R-এর উপস্থিতিতে



মোটর গাড়ীর বেডিয়েন্ট
চিত্র নং 7ড

এবং অপব প্রান্ত নিয়ন্ত্রণের সহিত যুক্ত। এই বিকিরক একটি ফাঁপা ধাতব চোঙ। ইহার গায়ে কতকগুলি ধাতুনির্মিত পাখুনাবিশেষ (fins) যুক্ত থাকে। ইহা বা বিকিরক-তলের (radiating surface) ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করে। ইহাতে দ্রুত তাপ-ত্যাগের সুবিধা হয়। সিলিন্ডারের তাপ জলে সঞ্চালিত হইবার ফলে জল উত্তপ্ত

এই ঊর্ধ্ব এই উষ্ণ জল বিকিরকের দ্বারা দিয়া নীচে প্রবাহিত হইবার সময় তাপ ছাড়িয়া দিয়া ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এইভাবে ক্রমাগত জলের পরিচলন শ্রোতের দ্বারা সিলিণ্ডারগুলি শীতল রাখা হয়।

(৩) ঘরে বায়ু চলাচল (Ventilation in a room) :

বায়ুতে পরিচলন-শ্রোতের সৃষ্টির জন্য ঘরে বায়ু চলাচল প্রক্রিয়া সম্ভব হয়। ঘরে বেশী লোক থাকিলে তাহাদের নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে বা আগুন জালিয়া রাখিলে ঘরের বায়ু দূষিত হয়। এই দূষিত ও উত্তপ্ত বায়ু হাল্কা হওয়ায় উপরে উঠিয়া যায় এবং ফুলদুলি (ventilator) দিয়া বাহির হইয়া যায়। বাহির হইতে ঠাণ্ডা ও পরিষ্কার বায়ু জানালা-দরজা দিয়া ঘবে প্রবেশ করে। ইহাতে ঘরের বায়ুমণ্ডল বিশুদ্ধ থাকে।

ঘবেব দরজা-জানালা বন্ধ করিয়া বায়ু চলাচলের পথ সম্পূর্ণ রুদ্ধ করিয়া যদি কেহ বাতি জালিয়া রাখিতে নিদ্রা যায় তবে তাহার প্রাণহানির আশঙ্কা থাকে। এই ধ্বনেনব দুর্গটনার সংবাদ হোমরা হয়ত শুনিষাছ। ইহার কাবল এই যে নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে ও বাতি জালিবার ফলে রুদ্ধ-গৃহের আক্সিজেন শীঘ্র নিঃশেষিত হইয়া যায় এবং বায়ু চলাচলের পথ না থাকায় বাহির হইতে পরিষ্কার বায়ু অক্সিজেন সরবরাহ করিতে পারে না। তাই অক্সিজেনের অভাবে লোকের মৃত্যু হয়।

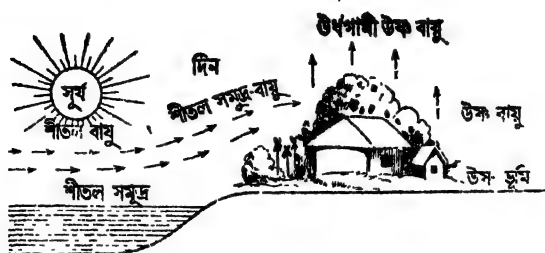
(৪) বায়ু-প্রবাহ (Wind) :

নানা সময় ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানের উষ্ণতা বিভিন্ন হয়। ইহার জন্য বায়ু-মণ্ডলের উষ্ণতা ও আর্দ্রতাও বিভিন্ন হয়। উষ্ণ বাষ্পপূর্ণ বায়ু হাল্কা হইয়া উপরে উঠে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল ও শুষ্ক বায়ু উক্ত স্থানে প্রবাহিত হয়। এই কারণে প্রকৃতিতে মৌসুমী বায়ু, বাণিজ্য বায়ু প্রভৃতি নানাপ্রকারের বায়ুপ্রবাহ সৃষ্টি হয়।

(৫) স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ু (Land and Sea breeze) :

প্রকৃতিতে বায়ুর পরিচলন শ্রোতের জন্য স্থল-বায়ু ও সমুদ্র বায়ুর সৃষ্টি হয়। জল অপেক্ষা স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম। কাজেই, দিনের বেলাতে স্থল জল অপেক্ষা বেশী উত্তপ্ত হয় এবং তৎসংলগ্ন হাওয়া গরম হইয়া উপরে উঠে ও সমুদ্র হইতে ঠাণ্ডা হাওয়া স্থলের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে সমুদ্রবায়ু বলে

[চিত্র 7৮ (i)]। ইহা দিনের বেলায় প্রবাহিত হয় এবং সন্ধ্যার দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।



সমুদ্রবায়ু
চিত্র 7৮ (i)

রাত্রে জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং সমুদ্রের উপর পর্বম হাওয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং স্থল হইতে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হাওয়া



২৯৬.৭
চিত্র 7৮ (ii)

সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। :তাকে স্থলবায়ু বলে। [চিত্র 7৮ (ii)]। ইহা ভোরের দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।

7-12. বিকীর্ণ তাপের ধর্ম (Properties of radiant heat) :

পূর্বে বলা হইয়াছে যে কোন দ্রব মাধ্যমের সাহায্য না লইয়া অথবা দ্রব মাধ্যম থাকিলে তাহাকে চতুঃ না করিয়া যে-প্রণালীতে তাপ একস্থান হইতে অন্য স্থানে সঞ্চালিত হয় তাহাকে বিকিরণ বলে। সূর্য হইতে এই প্রণালীদ্বারা তাপ পৃথিবীতে পৌঁছায়।

প্রকৃতপক্ষে যে-কোন উত্তপ্ত বস্তুই তাপ বিকিরণ করে এবং এই বিকীর্ণ তাপের সঙ্গে আলোকের সাদৃশ্য আছে। নিম্নে বর্ণিত ধর্মগুলি হইতে এই সাদৃশ্য বোঝা যাইবে।

(1) আলোকের গ্রাঘ বিকীর্ণ তাপ উত্তপ্ত বস্তু হইতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। একটি উত্তপ্ত ধাতব বলের চতুর্দিকে হাত ঘুরাইলে উপরোক্ত বাক্যের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(2) বিকীর্ণ তাপ আলোকের গ্রাঘ শূন্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে। ইহার প্রমাণ সূর্য হইতে পৃথিবীতে তাপ পৌছানো, কারণ, সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীভাগ জায়গা শূন্য।

(3) আলোকের গ্রাঘ বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে। ইহার ফলেই ছাতা খুলিয়া সূর্যের তাপ হইতে দেহরক্ষা করা যায়।

(4) আলোকেব গ্রাঘ বিকীর্ণ তাপেবও প্রতিফলন ও প্রতিসরণ হয়। লেন্স দ্বারা স্তম্ভবস্ত্রি প্রতিস্থত কবিয়া কাগজ পোড়ানো তোমরা অনেকই দেখিয়াছ।

(5) বিকীর্ণ তাপেব গতিবেগ আলোকের গতিবেগেব সমান।

7-13. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি (Nature of radiant heat) :

পূর্বেব অধ্যক্ষেদে বিকীর্ণ তাপেব ধর্ম আলোচনা করাব সময় বলা হইয়াছে ইহার সহিত আলোকেব মাদৃশ্য আছে। বস্তুত বিকীর্ণ তাপ ও আলোক অভিন্ন। ইহার একটি সামান্য গাণ্ডীব অন্তর্গত। এই গাণ্ডীকে বলা হয় তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ (electro-magnetic waves) গাণ্ডী। গামারশ্রি, বক্সনবশ্রি, দৃশ্যমান আলোক, বিকীর্ণ তাপ, বেত ব তবঙ্গ -- ইহারা সকলেই এই গাণ্ডীভুক্ত। ইহারা সকলেই ইথার মাধ্যমে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল বেগে চলাচল করে। ইহাদের মধ্যে তফাৎ শুধু তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 5 metres হইতে 25,000 metres হইলে ইহাকে বেতব-তবঙ্গ বলা হয় এবং ইহা দ্বারা বেতার-যন্ত্রের কাজ হয়। এই তবঙ্গ আমাদের চক্ষে আলোকের বা দেহে তাপের অনুভূতি সৃষ্টি করে না। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য আরো ক্ষুদ্র হইয়া 10^{-12} cm. এবং 8×10^{-12} cm-এর মধ্যবর্তী হইলে উহা তাপানুভূতিব সৃষ্টি করিবে। তখন ইহাকে বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গ বলা হইবে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ক্রমশ ছোট হইতে থাকিলে উহা যথাক্রমে দৃশ্যমান আলো, রঞ্জনরশ্মি ইত্যাদি উৎপন্ন করে।

কোন বস্তু কম উত্তপ্ত হইলে—অর্থাৎ ভাল টুকটকে হইবার পূর্ব পর্যন্ত—ইহা হইতে অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ নির্গত হয়। এই বিকীর্ণ তাপ-তরঙ্গকে অবলোহিত তরঙ্গ (infra-red waves) এই নামেও অভিহিত করা হয়। এই অবলোহিত তরঙ্গের অনেক বাবহারিক প্রয়োগ আছে। বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া লাল টুকটকে হইলে

উহা হইতে তাপ-তরঙ্গ ছাড়া লোহিত বর্ণের আলোকতরঙ্গও উৎপন্ন হয়। দৃষ্টমাত্রার আলোক তরঙ্গগুলির ভিতর লোহিত বর্ণের তরঙ্গের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশী। এই কারণে উদ্ভক্ত বস্তুটিকে লাল দেখায়। বস্তুটি আরো উদ্ভক্ত হইয়া খেত-তপ্ত (white-hot) হইলে উহা তাপ-তরঙ্গ ছাড়া সকল বর্ণ সৃষ্টিকারী দৃষ্টমান আলোকতরঙ্গগুলিও সৃষ্টি করে। সকল বর্ণের সংমিশ্রণে তখন বস্তুটি সাদা দেখায়।

7-14. বিকিরণ ও শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ (Some important illustrations in connection with radiation and absorption) :

প্রত্যেক পদার্থেই তাপ বিকিরণ ও শোষণ কবিবাব সমতা আছে। উহা পদার্থের কয়েকটি বিষয়ের (factors) উপর নির্ভর করে—যেমন, বস্তুটির তাপমাত্রা এবং পরিপার্শ্বের তাপমাত্রা, বস্তুটির পৃষ্ঠের প্রকৃতি, বস্তুটি কি পদার্থে তৈরী। ইত্যাদি। উহা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, যে-পদার্থে উত্তম বিকিরণ তাহা উত্তম শোষকও বটে। আবার, যে পদার্থে উত্তম বিকিরণ নয়, শোষক হিসাবেও তাহা উত্তম নয়। যেমন কৃষ্ণ বস্তু (black body) তাপের উত্তম বিকিরণ ও উত্তম শোষক কিন্তু চক্চকে বস্তু তাপের মন্দ বিকিরণ এবং মন্দ শোষক। বিকিরণ এবং শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(1) হাড়ির তলা চক্চকে থাকিলে তাহাতে জল গরম করিতে যে-সময় লাগে তলা কালো এবং অদৃশ্য থাকিলে অনেক কম সময়ে জল গরম হয়। কালো এবং অদৃশ্য হইয়ায় হাড়ির ঐ তলা আঁধার হইতে বেশী তাপ শোষণ করিবে কিন্তু চক্চকে হইলে অনেক কম তাপ শোষণ করিবে। বেশী তাপ তাপ চক্চকে তল হইতে প্রতিফলিত হইয়া যাইবে। সুতরাং জল গরম হইতে সময়ের তাপও কম হইবে। তেমনটা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে বাড়িতে ভাত রাঁধিবার শাতব হাড়ির তলা স্পষ্ট দিয়া লেপিয়া দেওয়া হয় এবং আগুন পুড়িয়া উহা কালো হইয়া থাকে। ইহাখন রন্ধনদ্রব্য দ্রুত তাপ পাইয়া সিদ্ধ হয়।

একই কারণে চক্চকে পাশিশ করা জুতা পরিলে আরাম বোধ হয়।

(2) শীতকালে কালো রংয়ের জামা গায়ে দেওয়া এবং গরম কালে সাদা জামা গায়ে দেওয়া আরামপ্রদ, ইহা তোঁমরা লক্ষ্য করিয়াছ কি ? কালো জামা সূর্য হইতে নিকীর্ণ তাপ শোষণ করিয়া দেহকে উদ্ভক্ত রাখে। তাই শীতকালে কালো জামা গায়ে দিলে দেহ গরম থাকে এবং আরাম অনুভব করা যায়।

আবার গরম কালে সাদা জামা সূর্য কিরণের বেশী তাপ প্রতিফলিত করিয়া দেয়—খুব অল্প অংশ শোষণ করে। তাই সেহু বিশেষ গরম হইতে পারে না।

(3) ছাতার কাপড় কালো রংয়ের করা হয় তাহা ভোমরা নিশ্চয়ই দেখিয়াছ। ইহার কাবণ আছে। কৃষ্ণ বস্তু উত্তম বিকিরক বলিয়া ছাতার কালো কাপড়ে সূর্য বর্ণা পড়িলে তাপ চতুর্দিকে বিকীর্ণ হইয়া যায়। বিকীর্ণ তাপ বায়ু বা ভিতর দিয়া চলি চলি কবিলে বায়ু উত্তপ্ত হয় না। তাই গ্রীষ্মকালে রৌদ্রের ভিতর ছাতা খুলিয়া চলিলে তত গরম বোধ হয় না।

(4) শুষ্ক বায়ু আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা কম তাপ শোষণ করে—অর্থাৎ শুষ্ক বায়ু তাপের মন্দ শোষক। তাই, শীতকালে, যেদিন মেঘলা থাকে সেদিন বায়ু খুব আর্দ্র হইয়া পড়ে। ফলে বায়ু সূর্যরশ্মি হইতে বেশী তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেদিন তেমন শীত অনুভূত হয় না। আবার যেদিন আকাশ পরিষ্কার থাকে, বায়ু শুষ্ক হয় এবং কম তাপ শোষণ করে। তাই সেদিন শীতের প্রকোপ বেশী হয়।

(5) দুইটি থার্মোমিটার দিয়া একটিকে বৃষ্টি ঝুল মাথাইয়া সঞ্চারণ কর এবং অন্যটির কুণ্ডে একটু রূপার প্রলেপ দিয়া চক্চকে কর। এখন দুইটি থার্মোমিটারকে পাশাপাশি বোত্রে রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখিতে পাওঁ যে প্রথম থার্মোমিটারের গাচ বিন্দুটি হঠাৎ বেশী হইয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে একই পরিমাণিক অবস্থায় থাকিয়া কৃষ্ণবস্তু চক্চকে বস্তু অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ কাবণের ক্ষমতা রাখে।

(6) বিকীর্ণ তাপ-তরঙ্গ সম্পর্কে বিভিন্ন বস্তুর স্বচ্ছতা বিভিন্ন—অর্থাৎ, এক এক রকমের বস্তু এক এক রকমের তাপ-তরঙ্গকে সংবাহিত (transmit) করে—অর্থাৎ তাপ তরঙ্গকে করে না। এই সম্পর্কে বাচ একটি উৎকৃষ্ট উদাহরণ। খুব উত্তপ্ত বস্তু হইতে নির্গত অপেক্ষাকৃত ছোট দৈর্ঘ্যের তাপ-তরঙ্গ কাচের ভিতর দিয়া চলিয়া যাউতে পারে কিন্তু কম উত্তপ্ত বস্তু হইতে বিকীর্ণ অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ কাচ ভেদ করিতে পারে না। কাচের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ছাত্রাণ্ড ও বহুমূল্য উদ্ভিদ, গাছপালা, ফুল ইত্যাদি সংরক্ষণের জগ্গ 'গ্রীন-হাউস' (green house) নির্মাণ করা হয়। সূর্য খুব উত্তপ্ত বালয় ক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের সঞ্চারণ অনায়াসে গ্রীন-হাউসের কাচ ভেদ করিয়া অভ্যন্তরে প্রবেশ করিতে পারে; কিন্তু ঐ তাপে উত্তপ্ত হইয়া গাছপালা বা মাটি যখন তাপ-তরঙ্গ বিকিরণ করে তখন উহা কাচ ভেদ করিয়া বাহিরে

সহিতে পারে না; কারণ উহাদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত বড়। এই কারণে শীতপ্রধান দেশে গ্রীন-হাউসের অভ্যন্তর বেশ গরম থাকে।

7-15. থার্মোফ্লাস্ক (Thermo flask):

এই ফ্লাস্কে কোন উষ্ণ তরল (চা, দুধ প্রভৃতি) বহুক্ষণ উষ্ণ থাকে কিংবা কোন ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ ঠাণ্ডা থাকে। ইহার কারণ এই যে, ইহার নির্মাণ-কৌশল বাহিব হইতে ভিতবেব সহিত তাপ সঞ্চালনের তিনপ্রকার প্রণালীকেই নিবারণ করে। সুতরাং উষ্ণ তবল তাপ ধারিয়া রাখে আবার ঠাণ্ডা তবল বাহিব হইতে তাপ লয় না।



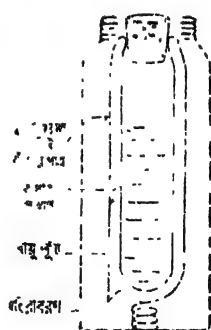
চা ২৫০

৭৭

৭ নং চিত্রে এই ফ্লাস্কের ছবি এবং ৭ তম চিত্রে ইহার নকসা দেখানো হইল। ইহা একটি ঢুট দেওয়াল বিশিষ্ট পাত্রের পাত্র। গলায় দিকনা একটি সরু এবং মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করা যায়। এই কাচের পাত্রটি গপর একটি পাতের পাত্রেব আবরণেব ভিতর রাখা হয় এবং উভয়েব ভিতর একটি শ্রোং দেওয়া

থাকে। ইহাতে বাহ্যবাবের ঘনত্বের বাচপাত্রটি ভাঙিতে পারে না। কাচের পাত্রেব ঢুট দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থানে যথাসম্ভব বাতুশূন্য করা হয় এবং বাহ্যবাবের দেওয়ালে ভিতরবাবের দিক ও ভিতরবাব দেওয়ালে বাহ্যবাবের দিক খুব পার্থক্য করা ও পদ্যব প্রলেপ দেওয়া থাকে।

কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়াতে এই পাত্র হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপের সঞ্চালন হয় না। ঢুট দেওয়ালের ন্যূনতম হান বাতুশূন্য করাতে পরিচলন প্রণালীতেও তাপ সঞ্চালন সম্ভব নয়। উপরন্তু ঢুট দেওয়াল মরুণ ও কপার প্রলেপ-যুক্ত হওয়াতে বিকিরণের দ্বারা তাপ সঞ্চালনও নিবারণিত হয়।



থার্মোফ্লাস্কের নকসা

চিত্র ৭ত

শুষ্ক পাত্রেব মুখের ছিপি দ্বারা একটি তাপ পরিবর্তন হইতে পারে। এইজন্য শুষ্ক তাপের কুপরিবাহী কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়।

সুতরাং সকল রকম উপায়ে তাপের আদানপ্রদান বন্ধ হইবার জন্ত ইহার অভ্যন্তরস্থ উষ্ণ তরল উষ্ণই থাকিবে অথবা শীতল তরল শীতলই থাকিবে।

তরল বায়ু (liquid air) সংরক্ষণের জন্ত সার জেমস্ ডেওয়ার এই ফ্লাস্কের উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। এই কারণে এষ্ট ফ্লাস্ককে অনেক সময় ডেওয়ার ফ্লাস্ক এই নামেও অভিহিত করা হয়।

সারাংশ

তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি : (১) পরিবহণ, (২) পরিচলন ও (৩) বিকিরণ।

পরিবাহিতা : তাপ পরিবহণের গুণকে পরিবাহিতা বলে। বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে তাহাকে সুপরিবাহী বলে ; যেমন লৌহ, তামা ইত্যাদি। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে না তাহাকে অপরিবাহী বলে ; যেমন—জল, কাচ, কগজ ইত্যাদি।

এক বেষ ও একক ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট কোন পদার্থখণ্ডে দুই বিপরীত পৃষ্ঠে তাপমাত্রা ভেদ একত্র হইলে এক সেকেন্ডে যতগুলি তাপ এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে সঞ্চারিত হয় তাহাকে ঐ পদার্থের পরিবাহিতা বলে।

অভ্যন্তরীণ নিঃসৃত শক্তি তাহা অপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া নির্মিত হইয়াছে। ইহা দ্বারা বিকিরণের গাণিত্য বর্ণিত অংশে আলো জ্বলি চলি অংশ বিকিরণের কোন ভাষা থাকে না। তাপ পরিচলন প্রক্রিয়াকে প্রয়োগ করিয়া ঘনবাড়ী গঠন করা হয়। পদ্ধতিতে ইহাও প্রয়োগের ফলে পানি, চলাচল বায়ুপ্রবাহ, হিমবায় ও সহস্র-বায়ু প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

বিকিরণ তাপের ধর্ম আলোকের ধর্মের অনুরূপ। ইহা অভ্যন্তরীণ তাপের গোষ্ঠীর অন্তর্গত।

থার্মো ফ্লাস্ক এমন একটি পাত্র যাহা উষ্ণ জিনিসকে বহুক্ষণ ঠাণ্ডা রাখিবে শীতল তরলকে অনেকক্ষণ শীতল রাখে। ইহার নির্মাণ-কৌশল তাপসঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতিকে নিবারণ করে।

প্রশ্নাবলী

১. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি কি ? ইহাদের উদ্ভাবন সহযোগিতা করাই বা দাও। ইহাদের ভিত্তি পার্থক্য কি ?

[What are the different modes of transference of heat ? Explain them with illustrations. What is the difference between them ?]

[H. S. (comp.) 1960, (comp.) '61, '63. H. S. Exam. 1962]

৩. 'পরিবাহিতা' ও 'পরিবাহিতাক' কাকে বলে? বিভিন্ন দ্রব্যের পরিবাহিতা বিভিন্ন কি? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া নাও।

[What are 'conductivity' and 'thermal conductivity'? Are the conductivities of different substances different? Explain by means of an experiment] [cf. H. S. Exam. 1962]

৪. পদার্থের তাপ ব্যপনতা কাকে বলে? তাপ ব্যপনতার সহিত পরিবাহিতাকে সম্পর্ক কি? বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যপনতা বিভিন্ন ইহা প্রদর্শনের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[What do you mean by diffusivity of a substance? What is the relation between diffusivity and thermal conductivity? Describe an experiment to illustrate that different materials have different diffusivity.]

৫. তাপের সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী কাকে বলে? উহাদের কয়েকটি উদাহরণ দাও। সুপরিবাহী ও কুপরিবাহীর কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

[What are good conductors and bad conductors of heat? Give a few illustrations. Mention some of the applications of good conductors and bad conductors.]

৬. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—(ক) গোল্ডে লোহা এক টুকরা লোহা ও একখণ্ড কাঠ স্পর্শ করিলে কেমনটো বোধ গরম মান হয় এবং কেন? (খ) একটি লান দিবার উপর তামার তাপের জাল রাখিয়া জ্বালেন উপর অগ্নিসংযোগ করিলে শিখা ডিপার্ট হইল কেন—নীচ দাখ না, কেন? (গ) পশুরের গাশা শুষ্ক হয় কেন? (ঘ) প্লেটিনাম তাতালে বেত জড়ানো থাকে কেন?

[Answer the following questions :—(a) If you touch a piece of iron and a piece of wood lying exposed to the heat of the sun which one would feel hotter and why? (b) If a copper wire-gauge is held over a burner and the gas is lighted above the gauge, the flame does not go below the gauge. Why? [H. S. Exam. 1964] (c) Why are woolen clothes called warm clothes? [H. S. Exam. 1961] (d) Why is the handle of a kettle wrapped with cane?]

৭. একটি তামার প্লেটের দৈর্ঘ্য 1 metre, প্রস্থ 1 metre এবং বেধ 1 cm. প্লেটের দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ 10°C হইলে প্রতি মিনিটে প্লেটের ভিতর দিয়া কত তাপ প্রবাহিত হইবে? [তামার পরিবাহিতাক $= 0.96 \text{ C.G.S. }]$

[A copper plate 1 metre long, 1 metre broad and 1 cm. thick has two opposite faces at a difference of temperature of 10°C . How much heat will flow through the plate per minute? Thermal conductivity of copper $= 0.96 \text{ C.G.S. }]$ [Ans. $576 \times 10^4 \text{ cal.}$]

৮. একটি কাচের জানালায় ভিতরের দিকের তাপমাত্রা 80°C এবং বাহ্যিকের দিকের তাপমাত্রা 40°C . জানালায় কাচ 0.8 cm. পুরু এবং 2 sq. metres ক্ষেত্রফলযুক্ত। ক'রে পরিবাহিতাক 0.02 হইলে কি হারে জানালা দিয়া তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

[The inside and outside temperatures of a glass-window of a room are 30°C and 40°C respectively. The glass is 0.8 cm. thick and has an area of 2 sq. metres. If the thermal conductivity of glass is 0.02 , calculate the rate at which heat flows into the room from outside through the glass window]

[Ans. $1.8 \times 10^3\text{ cal/sec.}$]

৪. একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য 81.41 cm. এবং ব্যাস 4 cm. ; দণ্ডের একপ্রান্ত 100°C তাপমাত্রার স্টীমের সঙ্গিত এবং অল্পপ্রান্ত 0°C তাপমাত্রার একটি বরফ-খণ্ডের সহিত সম্পর্কযুক্ত। ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক 0.9 হইলে প্রতি মিনিটে কত বরফ গলিবে নির্ণয় কর।

[A metal rod of thermal conductivity 0.9 is 81.41 cm. long and 4 cm. in diameter. One of its ends is kept exposed to steam at 100°C and the other end is put in contact with a block of ice at 0°C . How much ice will melt per minute?] [Ans. 27 gms.]

৯. একটি বাতুনির্মিত ফাঁপা বর্নকের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 10 cm. এবং উচ্চতা প্রত্যেক পার্শ্ব 4 cm. পুঙ্ক। বর্নকটি পরিপূর্ণভাবে বরফ দ্বারা ভর্তি করিয়া 10°C তাপমাত্রার জলে বসানো হইল। এক মিনিটে কত বরফ গলিবে? ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক 0.5 ।

[A hollow metallic cube has each side 10 cm long and 4 cm. thick. It is completely filled up by ice and then placed in water at 10°C . How much ice will melt in a minute? Thermal conductivity of the metal $= 0.5$]

[Ans. 562.5 gms.]

১০. একটি টেস্ট টিউব জলে ভর্তি করিয়া কাত করিয়া উপরের অংশ গরম করা হইল। দেখা গেল যে উল্লম্ব অংশ হাত দিলে গরম লাগে না। কিন্তু তলার অংশ গরম করিলে উপরের অংশ হাত দিলে গরম লাগে। ইহা দ্বারা কি প্রমাণিত হয়?

[A test-tube filled with water is held in an inclined position and the upper part is heated. It is found that the lower part when touched with hand does not appear hot but when the lower part is heated and the upper part touched it appears hot. What does it prove?]

১১. 'কার্যে পরিবাহিতাঙ্ক 0.02 '—এই উক্তি দ্বারা কি বোঝা যায়?

['Co efficient of thermal conductivity of glass is 0.02 '].—What does this statement mean?]

১২. পার্থোফ্লাস্কের বিবরণ লেখ ও ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe a thermos flask and explain how it acts.]

১৪. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি এবং ধর্ম সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ। বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকের প্রভেদ কি?

[Write a short note on the nature and properties of radiant heat. How does radiant heat differ from light?]

১৫. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) কাগজ না পোড়ানো একটি কাগজের বায়ু জল বাষ্পের জল ফুটানো যায় কেন? (খ) কোন আয়নের সম্মুখে যতটা দূরত্ব দিক আয়নের

উপরে সমান দূরত্বে বেশী গরম বোধ হয় কেন? (গ) শীতকালে একটি জামা পরিলে বস্তা আরাম বোধ হয়, সমান পুরু দুইটি জামা গায়ে দিলে বেশী আরাম বোধ হয় কেন? (ঘ) গ্রীষ্মকালে সাদা জামা এবং শীতকালে কালো জামা গায়ে দেওয়া আবামদায়ক কেন? (ঙ) ছাতাব কাপড়ের বৎ কালো কণা হয় কেন? (চ) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ড চক্কে এবং অপরটির কুণ্ড কৃষ্ণবর্ণ। দুইটিকে পাশাপাশি মেঘমুক্ত বাত্মিতে বাহিবে রাখিয়া দিলে উহাদের পাঠের কি তাবতম্য দেখিবে?

[Give reasons for the following statements :—(a) Water may be boiled in a paper box without charring the paper, (b) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire. [H. S. (comp) 1961, '62] (c) It is comfortable in winter season to use two shirts, instead of one, but of same thickness and material as of the single shirt. Why? (d) In summer white clothes are preferable while in winter black clothes give us comfort. Why? (e) Why is the cloth of an umbrella made black? (f) Two thermometers—one having a polished bulb and other a blackened bulb—are placed side by side outside in a cloudless night. What difference would you notice in their readings and why?]

15. বিদ্যুৎ উত্তপ্ত জল সহ একটি তাম্রের বাল্ববিমিটার ৩২ কুলম্বারস দ্বারা অর্জিত। ৭ ক্যালরিমিটার দ্বারা উত্তপ্ত জল তাপমাত্রা ৩০°C হইতে ৪০°C হইতে উত্তপ্ত করিয়া দেওয়া হইল। তাপমাত্রা ৩০°C হইতে ৪০°C হইতে উত্তপ্ত জল কত কুলম্বারস দ্বারা অর্জিত হইবে?

[An open copper calorimeter contains a quantity of hot water. Explain the various processes by which it can lose heat and suggest methods of reducing the loss due to each process.]

16. দুইটি একই ধর্মের ধাতুর পাত্রে কিছু গরম জল রাখা হইল। একটি পাত্রের দেওয়ান ধূসর চক্কে এবং অপরটির দেওয়ান কৃষ্ণবর্ণ। উভয় পাত্রের জল গরম হইতে কতদূর তাপমাত্রা উত্তপ্ত করিয়া দেওয়া হইবে?

[Hot water is placed in two identical metal vessels, one with a polished white surface and the other with a black surface. Which one will cool more quickly? Give reasons for your answer.]

17. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রদর্শনের জন্য একটি কাদিয়া পরীক্ষা করিয়া বর্ণনা কর :—(i) লোহা অপেক্ষা তাম্রা তাপের অধিক সুপরিবাহী (ii) জল তাপের কুপরিবাহী এবং (iii) চক্কে বস্তু অপেক্ষা কৃষ্ণবর্ণ বস্তু তাপের ভাল শোষক।

[Describe experiments, one in each case, to show that (i) copper is a better conductor of heat than iron (ii) water is a bad conductor of heat and (iii) a blackened surface is a better absorber of heat than a bright one.]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) ঈশতব দিনে দমাটবার সময় কঠিনীডাল উহাৎ লোমশ লেজ দ্বারা দেহ আবৃত থাকে কেন? (খ) সমুদ্রান সাধারণত ষাতুর তৈয়াণী হয় কেন? (গ) শীতের দিনে পাণীয়া তাহাৎদেব পালক কুলাইয়া দেহ আবৃত থাকে কেন? (ঘ) মোটর বেডিয়েটরের গায়ে ষাতু নিমিত পাখনা-শিশব যুক্ত থাকে কেন? (ঙ) গরুর ছাদযুক্ত

তাপমাত্রা ঝাপিতে হয় উহার সহিত কুণ্ডটির সংস্পর্শ ঘটাইলে, পারদ আয়তনে বাড়িয়া ষে-দাগ পর্যন্ত পৌছাইবে তাহাই হইবে বস্তুর তাপমাত্রা।

থার্মোমিটার নির্মাণ-প্রণালী :

একটি সমান ব্যাসের সরু রক্তবিশিষ্ট শক্ত কাচনল লও। প্রথমে নলটির দুমুখ খোলা থাকিবে। পরে একমুখ ঝাপুনে গলাইয়া অল্প মুখে ফুঁ দিয়া একটি চোড়াকৃতি কুণ্ড A তৈয়ারী কর (1খ নং চিত্র)। অল্পমুখে রবার নল দিয়া একটি ফানেল F আটকাও। উহার একটু নীচে কাচনলের দেওয়াল একটু গরম করিয়া চাপিয়া দাও যাহাতে ঐস্থানেব বন্ধ একটু বেশী সঙ্ক হয় (চিত্রে C অংশ)। এগন ফানেলে কিছু বিস্তৃত পাবদ লও। কাচনলেব বন্ধ খুব সঙ্ক এবং বায়ুপূর্ণ বলিয়া পাবদ রক্ত বাহিয়া কুণ্ডে আসিতে পাবিবে না। কুণ্ডটি পাবদপূর্ণ করিতে নিম্নলিখিত পণ্য অণলক্ষন করিতে হইবে।



A কুণ্ডকে গবম কর। ফলে বস্তুর বায়ু আয়তনে বাড়িয়া পাবদের ভিতর বৃদ্ধি সৃষ্টি কবিয়া বাহির হইয়া যাইবে। কুণ্ডকে এখন ঠাণ্ডা করিলে থার্মিকটা পাবদ কুণ্ডে আসিয়া জমা হইবে। পুনরায় A কুণ্ডকে গবম কর যাহাতে কুণ্ডেব পারদ কুণ্ডিতে থাকে। পাবদেব বাষ্প বস্তুর সব বায়ু ও জলীয় বাষ্প ইত্যাদি ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিবে। কুণ্ডকে এইবার ঠাণ্ডা করিলে আবও কিছু পাবদ কুণ্ডে জমা হইবে। এইরূপ পর্যায়ক্রমে কুণ্ডকে গরম ও ঠাণ্ডা কবিতে হইবে যতক্ষণ না কুণ্ডের থার্মিকটা অংশ পারদপূর্ণ হয়।

থার্মোমিটার নির্মাণ
কৌশল
চিত্র 1খ

অতঃপর থার্মোমিটার সর্বাধিক ষে-তাপমাত্রা নির্ণয় করিবে তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী তাপমাত্রায় কুণ্ডটি রাখিতে হইবে। ফলে পারদ আয়তনে বাড়িয়া ফানেল পর্যন্ত পৌছাইবে। এই অবস্থায় ফানেল হইতে অতিরিক্ত পারদ সরাইয়া কুণ্ডটিকে আশে আশে ঠাণ্ডা কর। পারদ আয়তনে কমিয়া যখন C অংশে পৌছাইবে তখন ঐ স্থান গরম করিয়া গলাইয়া বন্ধ কর।

এখন সমস্ত নলটিকে ঠাণ্ডা করিলে পারদ সঙ্কুচিত হইয়া কুণ্ড ও রক্তের কিছু অংশ অধিকার করিবে এবং রক্তের বাকী অংশ সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে। এইরূপে পারদ থার্মোমিটার তৈয়ারী হয়।

কোন থার্মোমিটার লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বস্তুর সর্বোচ্চ দাগের পর একটি ছোট কুণ্ড আছে (চিত্র 1ক)। ইহা থার্মোমিটারের পক্ষে একটি নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা। কারণ, কখনও কোন কারণে যদি থার্মোমিটার কুণ্ডকে অতিরিক্ত উত্তপ্ত করা হয়, যাহাতে পারদস্রোত থার্মোমিটারের সর্বোচ্চ দাগ ছাড়াইয়া যায় তাহা হইলে পারদ ঐ ছোট কুণ্ডে আসিয়া জমা হয়। কুণ্ডটি না থাকিলে পারদের চাপে থার্মোমিটার ভাঙিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

থার্মোমিটার নির্মাণের সময় লক্ষ্য বাগিতে হইবে যাহাতে থার্মোমিটারটি সূবেদী (sensitive) এবং দ্রুত ক্রিয়াশীল (quick acting) হয় অর্থাৎ সামান্য তাপমাত্রার পরিবর্তনে থার্মোমিটারের তরলস্তরের যথেষ্ট প্রসারণ হয় এবং থার্মোমিটারটি খুব দ্রুত তাপমাত্রার পরিবর্তন দেখাইতে সক্ষম হয়।

থার্মোমিটার কুণ্ডের আকার বৃদ্ধি করিলে থার্মোমিটার সূবেদী হইবে, কারণ ঐ কুণ্ডে বেশী দায়তনের তরল থাকিবে এবং প্রতি ডিগ্রী তাপমাত্রা পরিবর্তনে ঐ তরলের প্রসারণ বেশী হইবে। তাছাড়া রক্ত খুব সূক্ষ্ম হইলেও থার্মোমিটার সূবেদী হয়। কারণ নির্দিষ্ট আয়তন বৃদ্ধিতে বস্তু যত সূক্ষ্ম হইবে তরলস্রোত রক্ত বাহিরী তত বেশী অগ্রসর হইবে।

থার্মোমিটারকে দ্রুত ক্রিয়াশীল করিতে হইলে কুণ্ডটি পাতলা কাচের তৈয়ারী করিতে হইবে এবং সাইডে ছোট করিতে হইবে। তাছাড়া, থার্মোমিটারের তরল পদার্থকে তাপের সুপরিবাহী হইতে হইবে যাহাতে তরলের সবই তাপ দ্রুত ছাড়াইয়া পড়িতে পারে।

থার্মোমিটারের স্থিরান্দ নির্ণয় (Determination of fixed points of a thermometer):

তাপমাত্রা নির্ণয়ের স্কেল তৈয়ারী করিতে গেলে সর্বপ্রথম দুইটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পারদ কোথায় গিয়া দাঁড়ায় তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। এই দুই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় থার্মোমিটারের স্থিরান্দ। যে-তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ গলে অথবা জল জমিয়া বরফ হয় তাহাকে নিম্ন স্থিরান্দ (lower fixed point) অথবা হিমাক (freezing point or ice-point) বলে এবং

কান্ট্রি গরম ঠাণ্ডা এবং শীতে গরম থাকে কেন? (৩) গরমকালে পুরুত্ব উপরকার জল গরম এবং নীচের জল ঠাণ্ডা থাকে আবার খুব ঠাণ্ডার দিনে, উপরকার জল ঠাণ্ডা এবং নীচের জল গরম থাকে কেন?

[Answer the following questions :—(a) Why do squirrels wrap their bushy tails round their body during their winter sleep? (b) Why are saucepans usually made of metal? (c) Why do birds puff out their feathers on a cold day? (d) Why are metallic fins attached to a motor radiator? (e) A dwelling house with a straw roof keeps cool in summer and warm in winter. Why? [H. S. Exam. 1964] (f) On a hot day the surface water of a pond is warmer than the water below, but on a day when it is nearly freezing, the surface water is colder. Why?]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

A. Alternate response type :

(i) Yes or No type :—

(ক) তবল হাতে বায়বীয় অথবা কঠিন হাতে তাপে অন্তর্ভুক্তি হওয়ার সময় তাপমাত্রা পরিবর্তন হইবে কি? —

(খ) ঘরের বাত উষ্ণ হইয়া সন্ধ্যা দিয়া সন্ধ্যা হইয়া গেলে বায়ু ভিতর পিচলম হইতে উৎপত্তি হইয়াছে বলা যাইবে কি? —

(গ) থার্মোস্ট্যাটের পাণ্ড সাইকেল স্তর অথবা এক বৈদ্যুতিক সঞ্চয় হইলে তাপমাত্রা মাপনার স্থান হইবে কি? —

(ঘ) তাপমাত্রিক তাপ সমান হইলে কোন বস্তু তাপগ্রাহিতা ও ভর সমান হয় কি? —

(ঙ) তাপকে 'স' এক প্রকার শক্তি সলিয়া গণ্য করা সম্ভব? —

(ii) True or False type .—

(ক) তবলে কোন ক্ষেত্র প্রমাণ নাই। শুষ্ক দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রমাণ আছে। —

(খ) দুটি সমস্ত বিভিন্ন স্তর একই তাপমাত্রা হইলে বিভিন্ন তাপ থাকে বা একই তাপ দিলে বিভিন্ন তাপমাত্রা হয় ইত্যাদি দুটি বিভিন্ন আপেক্ষিক তাপ নির্দেশ করে। —

(গ) ঘরের তাপমাত্রা শিশিরকে পৌঁছাইলে ঘরের বায়ু উপস্থিত চল্লিশ-বাপ্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে। —

(ঘ) বায়ুতে অধিক মাত্রায় জলীয়-বাপ্প থাকিলে তলেব বাষ্পায়নের হ্রাস হয়। —

(ঙ) বিকিরণ তাপের সহিত আলোকের পার্থক্য এই যে আলোকের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিকিরণ তাপের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বৃহত্তর। —

B. Recall type :

- (ক) তরলের স্ফুটনাঙ্ক তরলের উপরকার চাপবৃদ্ধির ফলে—পায়। —
- (খ) বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্যপ্রসাৰণ—। —
- (গ) নিম্নস্থিতিবাক্ত ও উচ্চ স্থিতিবাক্তত্বের মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে—বলে। —
- (ঘ) স্ফুটন পদ্ধতি খুব দ্রুত ; কিন্তু বাষ্পায়ন পদ্ধতি খুব—। —
- (ঙ) কঠিন পদার্থ যে পদ্ধতিতে উত্তপ্ত হয় তাহাকে—বলা হয়। —

(C) Completion type :

(ক) কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরের নির্দিষ্ট—(a) বৃদ্ধি জন্ম দে—(b) প্রয়োজন তাই সম—(c) জলের সম—(d) বৃদ্ধি জন্ম প্রয়োজনীয়—(e) অপেক্ষা যতদূর সেই অনুপাতকে ঐ পদার্থের—(f) বলে।

—(a)—(b)—(c)—(d)—(e)—(f)

(খ) যে-প্রণালীতে কোন দ্রব্যের—(a) অংশ হইতে শীতলতর অংশে—(b) গমন করে অথচ উহার জন্ম হয়—(c) স্থলি বোঝান স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে—(d) বলা হয়।

—(a)—(b)—(c)—(d)

(D) Multiple choice type :

(ক) কোন কঠিন পদার্থে তাপ দ্রুত প্রবাহিত হইতে হইলে উহার কি গুণ বাদ্য প্রয়োজন ?

উঃ। ভাল পরিবাহী, পরিবাহিতার বেশী, দেশী আপেক্ষিক তাপ।

(খ) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহার গলনাঙ্ক কিরূপ পরিবর্তন হয় ?

উঃ। বৃদ্ধি পায়, হ্রাস পায়, অপরিবর্তিত থাকে।

(গ) কঠিন অবস্থা হইতে সংসারি বাষ্পে পরিণত হইবার পদ্ধতিকে কি বলে ?

উঃ। বাষ্পায়ন, উষ্ণ পাতন, স্ফুটন।

(ঘ) 4°C তাপের সময় জলের কোন গুণিগতি সর্বাধিক বেশী হয় ?

উঃ। আয়তন, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আলোক-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

আলোকের ঋজুগতি ও ছায়ার উৎপত্তি

[Rectilinear motion of light and
formation of shadows]

1-1. আলোকের প্রকৃতি (Nature of light) :

পারিপার্শ্বিক জগতের সহিত আমাদের পরিচয় মূলত দৃষ্টি দ্বারা। চোখ মেলিলেই আমরা আমাদের চারিদিকে নানাবকম জিনিস দেখিতে পাই। কিন্তু শুধু চোখ থাকিলেই কি দেখা যায়? একটি অন্ধকাব ঘরে যদি চোখ মেলিয়া থাকে ঘাঘ তবে কি ঘরের কোন জিনিস দেখা যায়? আবাব পূর্ণ আলোকিত ঘরে চোখ বন্ধ করিয়া বাথিলেও কোন জিনিস দেখা যায় না। সুতরাং চোখ দ্বারা কিছু দেখিতে হইলে একটি বাহ্যিক কাণ্ড প্রয়োজন। অর্থাৎ, বস্তু হইতে আলো যখন চোখে আসিয়া পড়ে তখনই আমাদের উক্ত বস্তু সম্পর্কে দর্শন অনুভূতি হয়। 'অতএৱ আলো-কে আমরা এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা (stimulus) বলিতে পাবি যাহা চোখে কোন দ্রব্য সম্বন্ধে দর্শন অনুভূতি জাগায়।

তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির জায় আলোকও একপ্রকার শক্তি। একটি ধাতব বলকে ঝলঝল আঙনে উত্তপ্ত করিলে বলটি তাপশক্তি নির্গত করে। এস্থলে ঝলঝল বাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে। বলটিকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলে এক সময় আলোক উৎপন্ন করিবে। তখন রাসায়নিক শক্তির খানিকটা অংশ আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তেমনি বৈদ্যুতিক বাতি জ্বলিলে বিদ্যুৎশক্তি অংশত আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এইসব উদাহরণ হইতে আমরা বলিতে পাবি যে আলোকও একপ্রকার শক্তি।

আলো বস্তুকে দৃশ্যমান করে; কিন্তু নিজে অদৃশ্য। আমরা আলো দেখিতে পাই না কিন্তু আলোকিত বস্তুকে দেখি। কথাটা হয়তো তোমাদের কাছে একটু জটিল বোধ হইতে পারে। তোমরা বলিবে যে, সকাল বেলায় রৌদ্রের

আলো যখন ঘরের বাবান্দার আসিয়া গড়ে তখন স্তম্ভ আখরা আলোই দেখি। কিন্তু একটু ভাবিলেই বুঝিতে পারিবে যে, বাহা দেখে তাহা আলো নয়— আলো ঘাবা উজ্জল বাবান্দার কিছু অংশ। বাত্রিবেলা মোটবের হেড্-লাইট জালিয়া দিলে বহুব পশস্ত আলোকিত হয়। প্রথমে মনে হইতে পারে যে, ঐ ত' আলো দেখা গেল। কিন্তু তাহা ঠিক নয়। অসংখ্য ধূলিকণার উপর আলো পড়িয়া সহসা উহাবা আমাদেব দৃষ্টিগোচর হইল বলিয়া আমবা ঐ আলোকিত ধূলিকণাগুলিই দেখি, আলো দেখি না।

কাজেই স্বরণ রাখিবে যে অগ্রান্ত শক্তিৰ গ্রায আলোকশক্তিও অদৃশ্য।

আলোক একস্থান হইতে অগ্রস্থানে তরঙ্গের আকারে বিস্তৃত হয়। আলোকের তরঙ্গ ত্রিঘক (transverse) এবং ইহাব দৈর্ঘ্য খুব ক্ষুদ্র। আলোকের গতি সেকোণ্ডে প্রায় 1,86,000 মাইল।

১-২ আলোক বিজ্ঞান সম্বন্ধে কয়েকটি সংজ্ঞা :

(1) আলোক-প্রভব (Source of light)

যে-বস্তু আলোক প্রদান করিতে পারে তাহাকে আলোক-প্রভব বলে। তহাদেব ভিতব এবং প্রকাব বস্তু আবে যাহাব নিজ হস্তে আলোক বিবর্ণি ববিব পাৰে। যেমন—সূর্য, নক্ষত্র, জলন্ত বারি, হুয়াদি। ইহাদেব বলা হয় স্বপ্রভ (luminous) বস্তু।

তাবাব, অ, এবং প্রবাবব বস্তু আবে যাহাব স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলোক গ্রহণ করিয়া পবে সেহ আলোক পাৰি। কবে। তহাদেব বলা হয় অপ্রভ (non-luminous) বস্তু। চাঁদ অপ্রভ বস্তু। চান্দেব স্বপ্রভ কোন আবে নাহি। সূর্য হইতে আলো পাইবা চাঁদ আলো বিকিৰণ কবে। বেষাব ভাগ বস্তুহ অপ্রভ। চেঁদাব, টোবিল পৃষ্ঠত পাবশাখিক দৃশ্যমান বস্তু স্বপ্রভ বস্তু হইত আলো গ্রহণ করিয়া দৃষ্টিগোচর খালে।

আলোক-বিজ্ঞান আলোচনা কৰিতে গিয়া আনবা বিন্দু প্রভব (point source) ও বিস্তৃত প্রভবেব (extended source) কথা বলিব। বিন্দু-প্রভব বলিতে জ্যানিতিক বিন্দু বুঝাবে এবং বিস্তৃত প্রভব বলিতে এমন বস্তু বুঝাবে যাহাব কিছু আকাব (size) আছে, একথা মনে রাখিতে হইবে, আকাববিহীন বিস্তৃত প্রভবকে অনংখ্য বিন্দু প্রভবেব সমষ্টি বলিয়া ধবা যাইতে পারে।

(2) আলোক-মাধ্যম (Optical medium) :

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো চলাচল করিতে পারে তাহাকে আলোক-মাধ্যম বলা হয়।

এই মাধ্যম যদি এমন হয় যে আলো চতুর্দিকে সমান গতিতে যায় তবে এই মাধ্যমকে সমসত্ত্ব (homogeneous) মাধ্যম বলা হয়। যেমন—বায়ু, জল, কাচ ইত্যাদি সমসত্ত্ব মাধ্যম।

যে-সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো অতি সহজে যাতায়াত করিতে পারে তাহাকে স্বচ্ছ (transparent) মাধ্যম বলে। যেমন, কাচ, জল ইত্যাদি।

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো মোটেই যাইতে পারে না, তাহাকে অস্বচ্ছ (opaque) মাধ্যম বলে। যেমন—পাথর, লোহা ইত্যাদি।

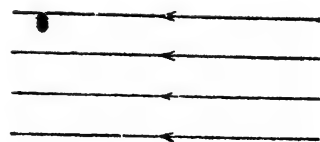
আবার যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো আংশিকভাবে যাইতে পারে তাহাকে ঈষৎ স্বচ্ছ (translucent) মাধ্যম বলা হয়। যথা কাচ, তেলা কাগজ ইত্যাদি ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যমের উদাহরণ।

(3) আলোক-রশ্মি ও রশ্মিগুচ্ছ (Ray of light and a beam of light) :

কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলো সরলবেগে চলাচল করে। সুতরাং একটি সরলরেখা আলোকরশ্মির পথকে বুঝাইয়া দিবে। ঐরূপ বহুগুলি আলোকরশ্মি মিলিয়া এক রশ্মিগুচ্ছ সৃষ্টি করে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে একটি রশ্মি সৃষ্টি করা সম্ভব নয়। প্রভব যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহা হইতে সর্বদা বহুগুলি রশ্মিগুচ্ছ বিকীর্ণ হইবে।

রশ্মিগুচ্ছ তিন প্রকার হইতে পারে। যথা : (1) সমান্তরাল (parallel), (2) অপসারী (divergent) ও (3) অভিসারী (convergent)।

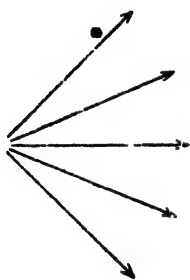
সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল (1 ক নং চিত্র)। বহুদূরে অবস্থিত কোন প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছকে আমরা সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বলিতে পারি। যেমন, সূর্য হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল।



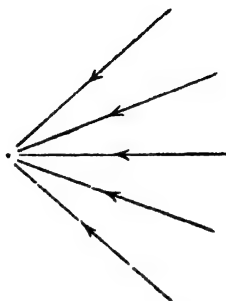
সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র 1 ক

তাছাড়া, লেন্স বা গোলায় দর্পণ (spherical mirror) দ্বারাও কৃত্রিম উপায়ে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়ারী করা যায়।

যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ শঙ্কুর (conical) আকারে এমনভাবে ছড়াইয়া পড়ে যে প্রভব উক্ত শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু, তখন ঐ রশ্মিগুচ্ছকে অপসারী রশ্মিগুচ্ছ বলে (১ খ নং চিত্র)।



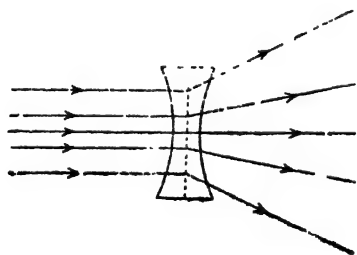
অপসারী রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র ১খ



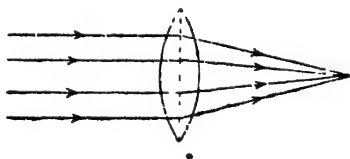
অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র ১গ

আবার, যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ এমনভাবে আসে যে তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত হয়, তখন তাহাকে অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ বলে (১গ নং চিত্র)।

একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে অবতল (concave) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে, উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (১ঘ নং চিত্র) এবং উত্তল



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অপসারী
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল
চিত্র ১ঘ



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল
চিত্র ১ঙ

(convex) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে উহা অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (১ঙ নং চিত্র)।

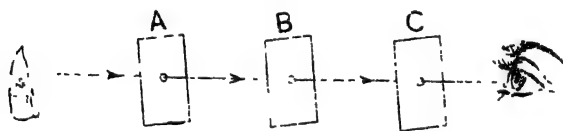
1-3. আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা (Demonstration of rectilinear motion of light) :

আমাদের নানারকম সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানিতে পারি যে আলোকের গতি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া হয়। অন্ধকার রাস্তায় মোটর গাড়ীর হেড্‌ লাইট হইতে আলো ফেলিলে দেখা যায় যে উহা সরলরেখায় যায়। একটি অন্ধকার ঘরের জানালায় একটি ছোট ছিদ্র করিলে রৌদ্র যখন ঐ ছিদ্র দিয়া ঘরে প্রবেশ করে তখন ঘরের বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণাগুলি রৌদ্র দ্বারা আলোকিত হয় এবং তখন স্পষ্ট বোঝা যায় আলো সরলরেখায় চলে। ভাঙ্গা ভাঙ্গা মেঘের ফাঁক দিয়া যখন সূর্যকিরণ বাহ্যিক হয় তখন ঐ আলো সরল রেখা ববাবব চলে।

পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাদ্বারা আলোকের ঋজুগতির সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

পরীক্ষা :

(1) A, B, C তিনটি শক্ত কাগজের বোর্ড। উহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি কবিতা ছোট ছিদ্র আছে। এহ তিনটি বোর্ড এমনভাবে সাজাও যে ছিদ্র তিনটি এবং একটি মোমবাতির শিখা একই সরল রেখায় থাকে (1চ নং চিত্র)। এখন C বোর্ডেব অপর পাশে চোখ রাখিয়া ছিদ্র তিনটির ভিতর দিয়া



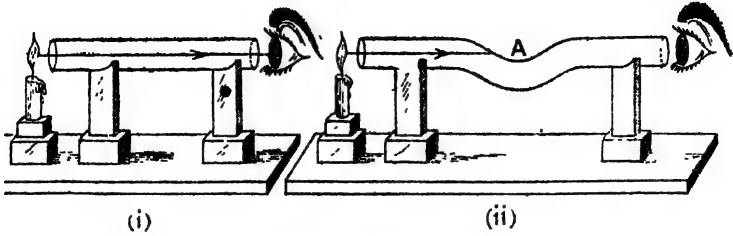
চিত্র 1চ

আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা

শিখা লক্ষ্য কর। দেখিবে যে শিখা দেখিতে গেলে চোখকে ছিদ্র তিনটির সহিত একই সরলরেখায় রাখিতে হইতেছে।

এখন যে-কোন একটি বোর্ডকে উপর-নীচ অথবা পাশে একটু সরাইলে আর শিখা দেখা যাইবে না। ইহার কারণ এই যে, আলো স্থানচ্যুত বোর্ড কর্তৃক বাধা পাইবে। ইহা প্রমাণ কবে যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে। যদি আলো বক্ররেখায় যাইতে পারিত তবে অনায়াসে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্র দিয়া আসিয়া চোখে পৌছাইত।

- (2) একটি দুই ইঞ্চি মুখের ফুট তিনেক লম্বা কাগজ নল সংগ্রহ কর এবং অবলম্বনের সাহায্যে টেবিলের উপর অনুভূমিক অবস্থায় বসায়। নলের এক



আলোকের বক্রগতির পরীক্ষা

চিত্র 1ছ

মুখের সামনে একটি মোমবাতি রাখ এবং অপর মুখে চোখ বাগিয়া মোমবাতির শিখা দেখিতে চেষ্টা কর [চিত্র নং 1ছ (i)]। দেখিবে শিখা দেখিতে কোন অনুবিধা হইতেছে না, কাগজ শিখা হইতে আলোকরশ্মি সবল বেগায় নল ববাবর গিয়া চোখে পৌছাইতেছে।

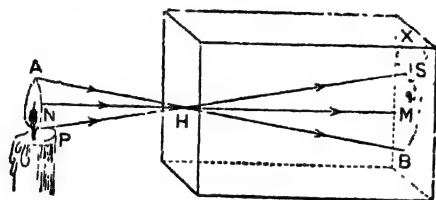
এবার পূর্বের মত আর একটি নল সংগ্রহ কর, কিন্তু এই নলটির মধ্যস্থল খানিকটা বাকানো থাকিবে [চিত্র নং 1ছ (ii)]। এইবার পূর্বের মত ব্যবস্থা করিয়া শিখা দেখিতে চেষ্টা কর। শিখা দেখা যাইবে না। এস্থলে আলোক-রশ্মি শিখা হইতে সবলবেগায় গিয়া নলের বক্রস্থান A বিন্দুতে আটকাইয়া যাইবে এবং আর অগ্রসর হইতে পারিবে না। আলোকরশ্মি বক্রপথে যাইতে সক্ষম হইলে অন্যায়সে নলের বক্রস্থান ঘূরিয়া চোখে পৌছাইতে পারিত। সুতরাং এই পরীক্ষাগুলি হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে আলো সবলরেখায় চলে।

1-4. সূচীছিদ্র ক্যামেরা (Pin-hole camera) :

এই ক্যামেরার কার্য-পদ্ধতি দ্বারা প্রমাণ হয় যে আলো সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলাচল করে।

1জ নং চিত্রে একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছবি দেখানো হইল। এই ক্যামেরা একটি আয়তাকার (rectangular) বাক্সের তৈয়ারী। বাক্সের সম্মুখতল কার্ডবোর্ডের তৈয়ারী এবং ইহাতে একটি সূচী-ছিদ্র H আছে এবং বিপরীত তল X একটি ঘসা কাচের প্লেটে তৈয়ারী। বাক্সের অভ্যন্তর কালো রং করা থাকে। ইহাতে আলোর প্রতিফলন বন্ধ হয়। সূচী-ছিদ্রের সম্মুখে কোন জিনিস রাখিলে ঘসা-কাচের উপর উহার উল্টা ছবি পড়িবে।

ধরা বাউক, ছিত্রের সম্মুখে একটি মোমবাতি দাড়া করানো আছে (১ অংক চিত্র)। মোমবাতির শিখার যে-কোন জায়গা হইতে—ধর, A বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি চতুর্দিকে গমন করিবে ; কিন্তু যে-রশ্মি সোজা হুজি ছিত্রের ভিতর দিয়া বাইতে পারিবে, যেমন AH রশ্মি—তাহাই B বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। তেমনি N এবং P বিন্দু হইতে রশ্মি নির্গত হইয়া



হুচী-চিত্র ক্যামেরা

চিত্র ১জ

সোজা হুজি ছিত্র দিয়া যথাক্রমে M এবং S বিন্দুতে প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। এইরূপে সমগ্র শিখার উল্টা প্রতিকৃতি ঘন কাচের উপর পড়িবে। যদি ঘন কাচের পবিত্রেরে ফটোগ্রাফী-প্লেট লাগা যায় তবে প্লেটে শিখা ছবি উঠিবে। অতঃপর ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে আলো সরল-বেধায় চলে।

[**দ্রষ্টব্য :** হুচী-চিত্র ক্যামেরাতে বস্তুর যে ছাঁচ দেখা যায় উহাকে প্রতিবিম্ব (image) বলা চলে না। প্রতিবিম্ব কিরূপে সৃষ্টি হয় তাহা পবে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(ক) **হুচী-চিত্র ক্যামেরা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :**

(১) যদি ক্যামেরার ছিত্র বড় করা যায় তবে প্রতিকৃতি অস্পষ্ট হইবে। কাবণ বড় ছিত্র অনেকগুলি ছোট ছোট ছিত্রেব সমষ্টি বলিয়া ধরা বাউতে পারে। প্রত্যেক ছিত্রই এক একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি করিবে এবং এই প্রতিকৃতিগুলি একে অপরের উপর পড়িয়া আসল প্রতিকৃতি অস্পষ্ট করিয়া দিবে। যদি ছিত্র খুব ছোট হয় তবে প্রতিকৃতির সীমারেখা (outline) খুব স্পষ্ট হইবে।

(২) ছিত্রেব আকৃতির (shape) উপর প্রতিকৃতি নির্ভর করিবে না যতক্ষণ পর্যন্ত ছিত্রটি খুব ছোট থাকে।

(৩) যে-বস্তুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী হইবে তাহা যদি ছিত্র হইতে দূরে সরাইয়া লওয়া হয় তবে প্রতিকৃতির সাইজ ছোট হইয়া যাইবে।

(4) যদি বস্তুর দূরত্ব ঠিক রাখিয়া ঘসা-কাচ অর্থাৎ পর্দা ছিদ্র হইতে দূরে সরানো যায় তবে প্রতিকৃতির সাইজ বৃদ্ধি পাইবে।

বস্তু এবং প্রতিকৃতির সাইজের সহিত সূচী-ছিদ্র হইতে উহাদের দূরত্বের নিম্নলিখিত সম্পর্ক আছে :

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে প্রতিকৃতির দূরত্ব}}$$

উদাহরণ :

(1) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 6 inches , কোন মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্য-সম্পন্ন প্রতিকৃতি পদায় গঠন করিতে হইলে মানুষটি ক্যামেরা হইতে কতদূরে দাঁড়াইবে ?

[In a pin-hole camera, the screen is at a distance of 6 inches from the hole. How far must a man stand from the camera so that an image half the size of the man may be formed on the screen ?]

উ। আমরা জানি,

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব}}$$

এক্ষেত্রে, প্রতিকৃতির সাইজ বস্তুর সাইজের অর্ধেক হইবে এবং ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব = 6 inches.

$$\text{অতএব, } 2 = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{6}$$

$$\therefore \text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব} = 6 \times 2 \text{ inches} \\ = 1 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ, লোকটি ক্যামেরা হইতে 1 ft. দূরে দাঁড়াইবে।

(2) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে কোন একটি বাড়ীর 1'5 inches উচ্চ প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইল। সূচী-ছিদ্র হইতে পর্দা এবং বাড়ীর দূরত্ব যথাক্রমে 2'6 inches এবং 91 ft. হইলে বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[The image of a building as seen in a pin-hole camera is 1'5 inches. If the distance of the screen and the building from the pin-hole be 2'6 inches and 91 ft. respectively, find the height of the building.]

উ। আমরা জানি,

বস্তুর সাইজ বা উচ্চতা = ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব
প্রতিকৃতির সাইজ বা উচ্চতা = ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব

$$\text{এক্ষেত্রে, বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91}{1.5} = \frac{2.6}{12}$$

$$\therefore \text{বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91 \times 1.5}{2.6} \text{ ft} = 52.5 \text{ ft.}$$

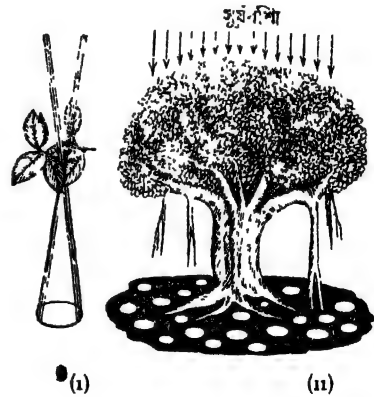
(খ) গাছের নীচে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্রের (patches of light) উৎপত্তি :

সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাব কার্যপ্রণালী হইতে আমরা বুঝিতে পারিলাম যে বস্তু হইতে আলোকবশি কোন ছিদ্রের ভিতর দিয়া গিয়া কোন অস্বচ্ছ পর্দার উপর পড়িলে পর্দার উপর বস্তুব একটি প্রতিকৃতি দেখা যায়। এই ঘটনার অনুরূপ ঘটনা ঘটে পত্রবহুল কোন গাছের ছায়ার ভিতরে। ছায়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহার ভিতরে স্থানে স্থানে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্র

(circular and elliptical patches of light) গঠিত হইয়াছে [চিত্র নং 1ব (ii)]।

গোল আলোকচক্রগুলি সূর্যের প্রতিকৃতি এবং উহার সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাব ন্যায় অন্তরায়ী গঠিত হয়। গাছের পাতাগুলি অস্বচ্ছ। কিন্তু কতগুলি পাতার মাঝে ছোট ছোট ফাঁক থাকিয়া যায়। গাছেব উপর সূর্যবশি পড়িলে, রশ্মি ঐ ছোট ফাঁক দিয়া মাটিতে পৌছায় এবং

সূর্যের প্রতিকৃতি তৈয়ারী করে [চিত্র নং 1ব (i)]। তাই, ঐ স্থানে গোলাকাব আলোকচক্র দেখিতে পাওয়া যায়। ছিদ্রগুলি ছোট হইলে উহার আকারের উপর প্রতিকৃতির আকার নির্ভর করে না। সূর্যের খণ্ডগ্রহণের সময় যখন সূর্যের আকার কাস্তুর মত বাঁকা হয় তখন এই আলোকচক্রগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহারাও বাঁকা হইয়াছে।



(i)

(ii)

পত্রবহুল গাছেব ছায়াব আলোকচক্র

চিত্র 1ব

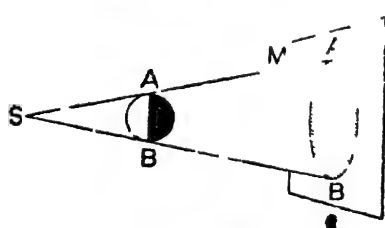
যদি পাতার কাঁকের ছিদ্রগুলি আকারে বড় হয় তখন আর ঠিক ঠিক প্রতিরূপ সৃষ্টি হয় না। কারণ বড় ছিদ্র অসংখ্য ছোট ছিদ্রের সমষ্টি হওয়ার অনেকগুলি প্রতিরূপ সৃষ্টি হইবে এবং উহাও এক সঙ্গে মিলিয়া কিছু আলোকিত অংশেব সৃষ্টি করিবে। এই অংশগুলিব আকার ছিদ্রেব আকারেব অনুরূপ হইবে। ছিদ্রগুলি ডিম্বাকৃতি হহাল এই আলোকিত অংশগুলিও ডিম্বাকৃতি হইবে। তাছাড়া, স্থবশ্মি লম্বভাবে না পড়িয়া আনতভাবে পাতার ছোট ফাক দিয়া মাটিতে পড়িলেও ডিম্বাকৃতি আলোকিত অংশ দখা যাইবে।

1-5 ছায়ার উৎপত্তি (Formation of shadow):

অস্বচ্ছ বস্তুব ছায়া হয় তাহা তোমরা জান। আলোব স্রোতে কোন অস্বচ্ছ বস্তু ধরিল দেওয়ালে তাহার ছায়া পড়ে তাহা স্বকলঙ্ক দেখিচ্ছ। আলো যে সরলরেখায় চলে ছায়া তাহার প্রকৃষ্ট প্রমাণ। যদি আলো আকা নাকা পালিত হইত তাহা হইত উচ্চ ছায়া সৃষ্টি হইত না। আলোকের উৎস ও বস্তুব অংশিক আলোকের উপর নিত্য এবং তাহার প্রকৃতি ও পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন হইতে পারে। নিম্নে স্বচ্ছ আলোকের কয়েক ক্ষেত্র।

(1) বিন্দু আলোক প্রভাব ও নিষ্কৃতি অস্বচ্ছ বস্তু (Point source and extended body):

S একটি বিন্দু আলোকের উৎস, AB একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু, M একটি দর্শক (Figure 1.1)।



চিত্র ১.১
উৎপত্তি

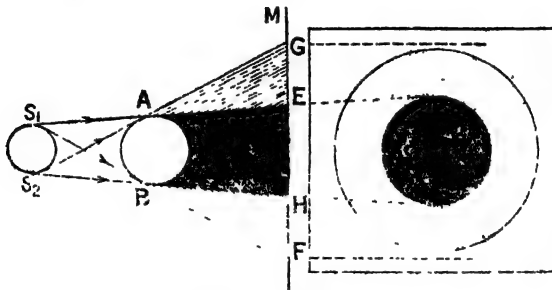
বিন্দু আলোকের উৎস হওয়ায় বস্তু চতুর্দিকে ছায়া পড়ে। যে-বস্তুগুলি AB বস্তুব ধারণে ঘেঁষিয়া যাইবে—যেমন SA, SB প্রভৃতি—উহাও পদার্থ গিয়া পড়িবে। কিন্তু SAB শঙ্কব

(cone) অভ্যন্তরস্থ কোন বস্তু পদার্থ পৌছাইতে পারিবে না—কারণ উহারা AB বস্তু বর্হিব বাধাপ্রাপ্ত হইবে। অন্ত্যন্ত রশ্মি পদার্থ পৌছাইয়া পদার্থকে আলোকিত করিবে, স্বচ্ছ পদার্থ A'B' অংশ সম্পূর্ণ অস্বচ্ছ থাকিবে এবং উহাও আকার গোল হইবে। উহাই হইল AB বস্তুব ছায়া। পদার্থ দূরে সরাইয়া লইলে ছায়াব আকার বৃদ্ধি পাইবে কিন্তু গাঢ়তা হ্রাস পাইবে।

(২) বিস্তৃত আলোক প্রভব ও আলোক প্রভব হইতে বড় অস্বচ্ছ বস্তু (Extended source and object greater than the size of the source) :

$S_1 S_2$ একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব। AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা। AB বস্তুর আকার আলোক প্রভব হইতে বড় (১ট নং চিত্র)।

বিস্তৃত আলোক প্রভব $S_1 S_2$ -কে আমরা বহু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু আলোক প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরিতে পারি। মনে কর S_1 এবং S_2 এরূপ দুইটি প্রান্ত (extreme) বিন্দু প্রভব।



প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া

চিত্র ১ট

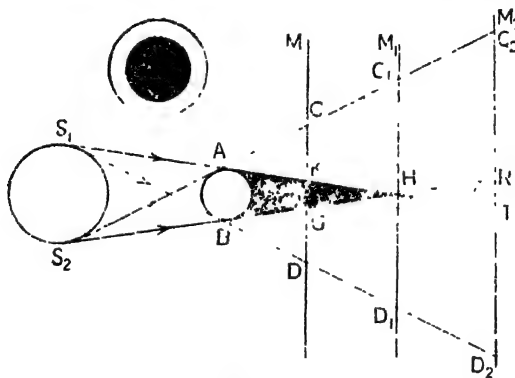
এখন S_1 বিন্দু হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B রেখাধারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধা প্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌঁছাইতে পারিবে না। সুতরাং উহার E হইতে F পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি করিবে। তেমনি সমস্ত বিন্দু S_2 হইতে নির্গত ও S_2A এবং S_2B রেখাধারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-শঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও পর্দায় পৌঁছিতে না। ফলে G হইতে H পর্যন্ত ছায়ায় সৃষ্টি হইবে। আলোক-প্রভবের অগ্ন্যাত্ত মধ্যবর্তী বিন্দুদ্বারা AB-র যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহা G এবং F-এর মধ্যে অবস্থিত হইবে। সুতরাং পর্দায় AB বস্তুর যে সাধারণ ছায়া হইবে তাহা G হইতে F পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে। কিন্তু এই সাধারণ ছায়ায় সর্বত্র অন্ধকারের গাঢ়তা এক নয়। লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে EH অংশে S_1 বা S_2 অথবা ইহাদের মধ্যবর্তী কোন বিন্দু হইতে আলো পৌঁছায় না। সুতরাং এই অংশের অন্ধকার সর্বাপেক্ষা গাঢ় হইবে। এই অংশকে প্রচ্ছায়া (umbra) বলে। কিন্তু EG বা HF অংশ তত অন্ধকার নয়—কারণ EG অংশে প্রভবের

তলার দিক হইতে কোন আলো পৌছায় না; কিন্তু প্রভবের উপরের দিক হইতে আলো পৌছাইবে। তেমনি HF অংশে প্রভবের উপর হইতে কোন আলো পৌছায় না কিন্তু তলার দিক হইতে আলো পৌছায়। সুতরাং EG এবং HF অংশ আংশিক অন্ধকারে থাকিবে। এই আংশিক অন্ধকারযুক্ত অংশগুলিকে 'উপচ্ছায়া' (penumbra) বলে। 1ট নং চিত্রের ডানদিকে ছায়ার সম্পূর্ণ প্রকৃতি দেখানো হইল। উহার মধ্যস্থলে গাঢ় অন্ধকারাচ্ছন্ন গোলাকার প্রচ্ছায়া এবং উহার চতুর্দিক বেঠন করিয়া গোলাকার আংশিক অন্ধকারাচ্ছন্ন উপচ্ছায়া।

প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া লক্ষ্য কবিলে বোঝা যায় যে পর্দা দু'বে সরাইলে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া উভয়েই আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

(3) বিস্তৃত আলোক প্রভব ও ক্ষুদ্রতর অস্বচ্ছ বস্তু (Extended source and smaller object) :

S_1 S_2 একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব এবং AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু। আলোক প্রভবের সাইজ AB বস্তুব চাইতে বড়। M একটি পর্দা (1ট নং চিত্র)



চিত্র 1১

পূর্বের ন্যায় বিস্তৃত প্রভবকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। মনে কব S_1 এবং S_2 এরূপ দুইটি প্রান্ত বিন্দু-প্রভব।

এখন S_1 বিন্দু প্রভব হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B সরলরেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌছাইবে না। ফলে পর্দায় K হইতে D পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি হইবে।

তেমনি S_2A ও S_2B বোঝা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকরশ্মি সৃষ্টি করিবে তাহাও AB বস্তু কর্তৃক বাধাগ্রস্ত হইবে। সুতরাং তাহাবাও পর্দায় পৌঁছাইবে না এবং G হইতে C পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি করিবে।

S_1 এবং S_2 বিন্দুর মধ্যবর্তী অগ্নাঙ্ক আলোক বিন্দু যে-ছায়াগুলি সৃষ্টি করিবে তাহা C এবং D -র ভিতর অবস্থান করিবে। অর্থাৎ C হইতে D পর্যন্ত AB বস্তুর সাধাবণভাবে ছায়া সৃষ্টি হইবে।

এখানেও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে KG অংশে আলোক প্রভবেব কোন বিন্দু হইতেই আলো পৌঁছায় না। সুতরাং KG অংশকে প্রচ্ছায়া বলা যাইতে পারে। আর KC অথবা GD অংশে আংশিকভাবে আলো পৌঁছায়। সুতরাং উহারা উপচ্ছায়া।

আরও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রচ্ছায়া অংশ একটি অভিসারী (converging) এবং উপচ্ছায়া অংশ একটি অপসারী (diverging) শক্তি তৈয়ারী করে—অর্থাৎ পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে প্রচ্ছায়া অংশ ক্রমশ কমিয়া আসিবে কিন্তু উপচ্ছায়া অংশ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

যদি পর্দাকে M_1 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে প্রচ্ছায়া একটি বিন্দুতে (H) পরিণত হয়। যদি আরও সরাইয়া M_2 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে আর প্রচ্ছায়া থাকিবে না। ই-র পরিবর্তে একটি বিপরীত অপসারী (diverging) শক্তি HRT সৃষ্টি হইবে। ঐক্লপ স্ববৃত্তায় RT অংশে প্রভবেব পরিধি (peripheral) নিকটস্থ অংশ হইতে কিছু কিছু আলো আসিয়া উপচ্ছায়া সৃষ্টি করিবে। সুতরাং R এবং T -এর মধ্যবর্তী যে-বোন অংশ হইতে প্রভবেব দিকে তাকাইলে AB বস্তুকে সম্পূর্ণ অন্ধকাবাচ্ছন্ন দেখাইবে কিন্তু তাহাব চতুর্দিকে আলোকিত অংশ দেখা যাইবে ($1\frac{1}{2}$ নং চিত্রের উপরে যেমন দেখানো হইয়াছে)। পর্দা আরো দূরে সরাইয়া লইলে উপচ্ছায়াব অন্ধকাবেব গাঢ়তা হ্রাস পাইতে থাকিবে। অবশেষে পর্দায় আলো ও ছায়াব পার্থক্য আর বোঝা যাইবে না।

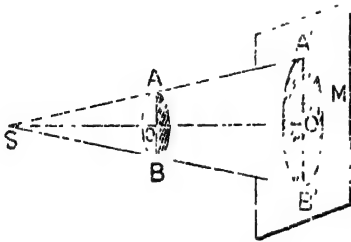
এই প্রসঙ্গে বলা যাইতে পারে যে গাছেব পাতাব ছায়া যখন মাটিতে পড়ে তখন প্রচ্ছায়া ও পাতলা উপচ্ছায়া লক্ষিত হয়। এখানে সূর্য আলোক-প্রভব, পাতা অন্ধচ্ছ বস্তু ও মাটি পর্দা। পাতা ও মাটির দূরত্ব কম বলিয়া এবং সূর্য বহু দূরে থাকায় প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া দুই-ই দেখা যায়। তেমনি যখন এবোপেন

বা পাখী নীচু দিয়া উড়িয়া বার তখন মাটিতে উহার ছায়া পড়ে কিন্তু ক্রমশ উড়ে উঠিলে (অর্থাৎ পর্দা হইতে বস্তুর দূরত্ব বাড়িতে থাকিলে) ছায়া পাতলা হইয়া অবশেষে অদৃশ্য হইয়া যায়।

উদাহরণ :

(1) একটি বিন্দুপ্রভব হইতে 1 ft. দূরে 4 inches ব্যাসযুক্ত একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে এবং বস্তুটির কেন্দ্র হইতে 1 ft. দূরে একখানি পর্দা আছে। পর্দার উপরে যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার ব্যাস কত ?

[An opaque circular object of 4 inches diameter is placed 1 ft. away from a point source and a screen is placed 1 ft. away from the centre of the object. What is the diameter of the shadow formed on the screen ?]



উ। মনে কর, S বিন্দু প্রভব, AB বস্তু এবং M পর্দার উপর A'B' বস্তুর ছায়া (চিত্র নং 1ত)। এখন SO = 1 ft. এবং OO' = 1 ft.

∴ SO' = 2 ft., AB = 4 inches

আমরা লিখিতে পারি যে,

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{SO}{SO'}$$

$$\text{অথবা, } \frac{4}{A'B'} = \frac{1 \times 12}{2 \times 12}$$

$$\therefore A'B' = 8 \text{ inches.}$$

অর্থাৎ, ছায়ার ব্যাস = 8 inches.

(2) একটি অন্ধকার ঘরে 4 inches ব্যাসের একটি কাচের কুণ্ডের ভিতর একটি বৈদ্যুতিক বাতি রাখা আছে। উহা হইতে 6 inches দূরে একটি বাতব বল আছে। বলটির ব্যাস 2 inches ; বলটির প্রচ্ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[In a dark room there is a hollow glass bulb of 4 inches diameter containing an electric light. A metallic ball of 2 inches diameter is placed such that its centre is at a distance

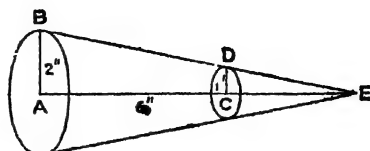
of 6 inches from the centre of the bulb. Find the length of the umbral cone of the shadow of the ball.]

উ। চিত্র নং 1৮ দেখ। B

হইল কাচের কুণ্ড, D ধাতব বল
এবং CE প্রচ্ছায়াৰ দৈৰ্ঘ্য।
প্রশ্ন হইতে আমবা লিখিতে পাৰি,

$$AB = 2'', \quad CD = 1'',$$

$$AC = 6' \text{ এবং } CE = x \text{ (ধৰ)}$$



চিত্র 1৮

অখন, ABE এবং CDE ত্রিভুজদ্বয় সদৃশ বলিয়া,

$$\frac{AB}{AE} = \frac{CD}{CE} \quad \text{or} \quad \frac{2}{6+x} = \frac{1}{x} \quad \text{or} \quad 2x = 6+x; \therefore x = 6'' \text{ in.}$$

অর্থাৎ প্রচ্ছায়াৰ দৈৰ্ঘ্য হইবে 6 inches.

1-6 গ্রহণ (Eclipses) :

অস্বচ্ছ বস্তু বড়ক ডায়া সৃষ্টিৰ ফলে সূৰ্য বা চন্দ্রগ্রহণ হয়। অমাবস্তায় যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূৰ্যৰ মনোৱা আসে তখন চাঁদেৰে জায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূৰ্যগ্রহণে সৃষ্টি বনে। আনাব পূৰ্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূৰ্যেৰ মাঝখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীৰ ডায়াৰ ভিতৰে চাঁদ প্ৰবেশ কৰিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়। কাক্সেই সূৰ্যগ্রহণেৰ বেলাতে চাঁদ অস্বচ্ছ বস্তুৰ কাজ কৰে এবং চন্দ্রগ্রহণেৰ বেলাতে পৃথিবী অস্বচ্ছ বস্তুৰ কাজ কৰে। দুই গ্রহণ কি কৰিয়া সংঘটিত হয় নিম্নে তাহাব আলোচনা কৰা হইল।

[জটিল্য : পৃথিবী হতে সূৰ্যৰ দূৰত্ব ৯১, ৪৫৬, ০০০ মাইল, চন্দ্রেৰ দূৰত্ব ২১০, ০০০ মাইল এবং সূৰ্যেৰ বাস পৃথিবীৰ ব্যাসৰ ১০০ গুণ। পৃথিবীৰ ছায়াৰ প্রচ্ছায়া অংশ ১৬০-১০০ মাইল দীঘ এবং ইহা চন্দ্র ছাড়াইব বহুদূৰ পৰ্যন্ত বিস্তৃত।

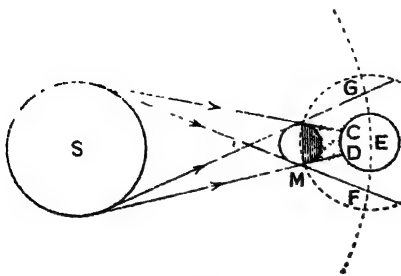
এই দুইৰেণ্ডি এত অধিক যে স্বল্প পৰিসৰে কোন স্কেল অনুযায়ী ছবি আকা সম্ভব নহে। তাই ইং হইতে ১৫ পৰ্যন্ত চিত্ৰাংশি কোন স্কেল অনুযায়ী আকা হয় নাই।]

সূৰ্যগ্রহণ :

সূৰ্যগ্রহণ তিনি বকমেৰে হইতে পাৰে। যথা :—(১) পূৰ্ণ গ্রহণ, (২) খণ্ড গ্রহণ ও (৩) বলয় গ্রহণ।

নিজেদেৰ কক্ষপথে পৰিভ্ৰমণ কৰিতে কৰিতে অমাবস্তায় যখন পৃথিবী (E) ও সূৰ্যেৰ (S) মাঝখানে চাঁদ (M) আসে (১৭ নং চিত্র) তখন সূৰ্য হইতে আলোকৰশ্মি অস্বচ্ছ চাঁদ কৰ্তৃক বাধাপ্ৰাপ্ত হইয়া ছায়াৰ সৃষ্টি কৰে। এই

ছায়ার CD অংশ প্রচ্ছায়া এবং CG ও DF অংশ উপচ্ছায়া। চাঁদের



সূর্যগ্রহণ

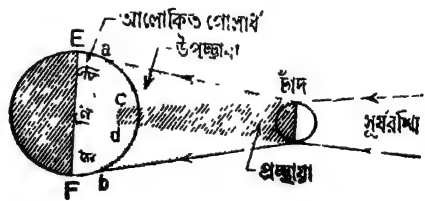
চিত্র 1গ

ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ পৃথিবীর যে-জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কোন অংশই দেখিতে পায় না এবং CG বা DF অংশ পৃথিবীর যে-সব জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কিছু অংশ দেখিতে পায়। CG অংশের লোক সূর্যের উপরিভাগ দেখিবে এবং DF অংশের লোক সূর্যের

নিম্নভাগ দেখিবে। সূতবাং CD অংশের লোকের নিকট সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (total eclipse) ও CG বা DF অংশের লোকের নিকট সূর্যের খণ্ড গ্রহণ (partial eclipse) হইবে। চাঁদ পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট বলিয়া চাঁদের ছায়াও খুব ছোট। এই কারণে পৃথিবীর খুব কম অংশ চাঁদের প্রচ্ছায়ার মধ্যে পড়ে। সূতবাং পৃথিবীর খুব অল্প জায়গা হইতে সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ দেখা যায়। তা'ছাড়া, চাঁদের ছায়া দৈর্ঘ্যে ছোট হওয়ায় পৃথিবীর সমস্ত আলোকিত গোলাধ্বক (illuminated hemisphere) আবৃত করিতে পারে না। ফলে আলোকিত গোলাধ্বকের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাওয়া যায় না।

চিত্র নং 1ত লক্ষ্য কর। ঐ

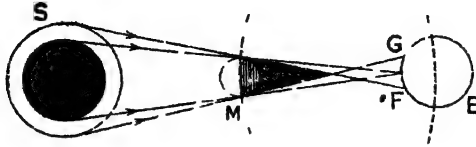
চিত্রে ab অংশ চাঁদের ছায়ার উপচ্ছায়া। উহা পৃথিবীর আলোকিত গোলাধ্বকের কিছু অংশ আবৃত করিয়াছে। কাজেই ঐ গোলাধ্বকের বাকী অংশ হইতে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে না।



চিত্র নং 1ত

নিজ নিজ কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে চাঁদ ও পৃথিবীর ভিতরকার দূরত্বের পরিবর্তন হয়। সময়-ভেদে উহাদের দূরত্বের এই তারতম্য হওয়ায় অনেক সময় এমন হয় যে চাঁদের প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে স্পর্শ করিবার পূর্বেই শেষ হইয়া যায়। তৎপরিবর্তে উহাকে বাড়াইয়া যে বিপরীত অপসারী শঙ্কু হয়

তাহা পৃথিবীর উপর ক্রমশঃ ১ম নং চিত্রে পৃথিবীর GF অংশে ঐ শব্দ স্পর্শ করিয়াছে। সুতরাং পৃথিবীর ঐ স্থানে অবস্থিত লোকেরা সূর্যের দিকে



সূর্যের বলয়গ্রহণ

চিত্র 1খ

তাকাইলে সূর্যের মাঝখানে একটি অন্ধকারাবৃত বৃত্তাকার অংশ ও উহার চতুর্দিকে একটি আলোকের বেষ্টনী দেখিতে পাইবে। এই দবনের গ্রহণকে বলয় গ্রাস বা গ্রহণ (annular eclipse) বলে।

চন্দ্রগ্রহণ :

সামান্য জানি যে চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো চন্দ্র বর্তম প্রতিফলিত হয়। যিনি চন্দ্রকে উদ্ভাস দেখায়। পৃথিবীর চন্দ্র ও সূর্য মাঝখানে পৃথিবী অবস্থিত হয়।

নিম্ন নিজ কক্ষপথে পবিত্রণ কবিত্তে কবিত্তে পৃথিবীর যখন চাঁদ (M) ও সূর্য (S) মাঝখানে পৃথিবী (E) আসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর ছায়া চন্দ্রের উপর গিয়া পড়ে (1দ নং চিত্র)। যখন চাঁদ পৃথিবীর প্রচ্ছায়া কর্তৃক সম্পূর্ণ আবৃত হয় তখন উহা সূর্য দৃষ্টিব



চন্দ্রগ্রহণ

চিত্র 1দ

গোচরে থাকে না। তখন চন্দ্রের পূর্ণগ্রহণ হয়। আর যদি চন্দ্রের কিছু অংশ প্রচ্ছায়া কর্তৃক এবং কিছু অংশ উপচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয় তবে চন্দ্রের খণ্ডগ্রাস হয়।

পৃথিবীর প্রচ্ছায়াব ভিতর সম্পূর্ণ প্রবেশে পূর্বে চন্দ্রকে পৃথিবীর উপচ্ছায়াব ভিতর প্রবেশ কবিত্তে হয়। উপচ্ছায়া অংশে সূর্য হইতে কম আলো পৌছায়।

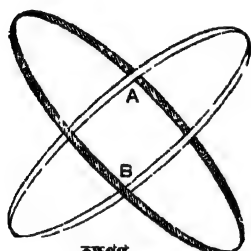
এই কারণে চন্দ্র গ্রহণ স্বৰ্ণ হইবার কিছু পূর্বেই উহাকে ঋনিকটা রান দেখায়। ঠিক একই কারণে গ্রহণ সম্পূর্ণ ছাড়িবার পরও চাঁদকে কিছু রান দেখাইবে কারণ প্রচ্ছায়া হইতে বাহির হইয়া চাঁদ পুনরায় উপচ্ছায়ায় প্রবেশ করে।

পৃথিবীর আকার চন্দ্র অপেক্ষা বহুগুণ বড় হওয়ায় পৃথিবীর প্রচ্ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু সর্বদা চন্দ্রের কক্ষপথ ছাড়াইয়া যায় হুতরাং চন্দ্রের বলয় গ্রাস কখনও সম্ভব নয়।

সব অমাবস্তায় বা পূর্ণিমায় গ্রহণ হয় না কেন ?

গ্রহণ আলোচনার সময় বলা হইয়াছে যে অমাবস্তায় স্বর্ষগ্রহণ ও পূর্ণিমায় চন্দ্রগ্রহণ হয়। কিন্তু প্রত্যেক অমাবস্তা এবং প্রত্যেক পূর্ণিমাতে ত' গ্রহণ হয় না। ইহার কারণ কি ?

গ্রহণ—চন্দ্রের অথবা সূর্যের হউক—হইতে গেলে স্বর্ষ, চন্দ্র ও পৃথিবী এক সরলরেখায় আসিতে হইবে। কিন্তু পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতল (plane of orbit) এবং চন্দ্রের পরিভ্রমণের কক্ষতল



চিত্র 1খ

এক নহে। এই দুই তলের মধ্যে প্রায় 5° ডিগ্রী ব্যবধান আছে। ইহার ফলে প্রত্যেক পূর্ণিমাতেই চাঁদ পৃথিবীর ছায়ার ভিতর যায় না—হয় উপরে কিংবা নীচে অবস্থান করে। হুতরাং গ্রহণ হয় না। তেমনি প্রত্যেক অমাবস্তাতেও চাঁদের ছায়া পৃথিবীর উপরে

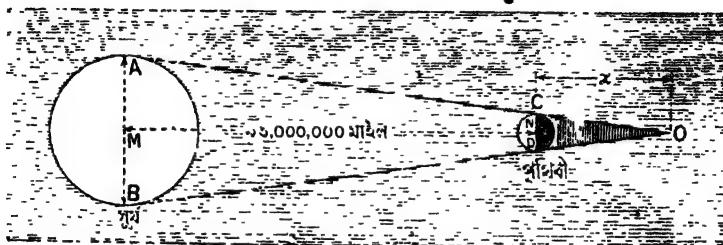
পড়িতে পারে না। যে-পূর্ণিমা বা অমাবস্তাতে ইহারা এক সরলরেখায় আসিবে অর্থাৎ যখন চাঁদ A অথবা B বিন্দুর কাছাকাছি আসিবে (চিত্র নং 1খ)—তখনই গ্রহণ হইবে। এই দুই বিন্দুকে রাহু ও কেতু বলে।

1-7. ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ (Measurement in connection with shadows) :

নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি হইতে ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ পরিষ্কাররূপে বোধগম্য হইবে :—

(1) 1নং চিত্রে সূর্যের আলো পৃথিবীর উপর পড়িলে কিরূপে পৃথিবীর ছায়া উৎপন্ন হয় তাহা দেখানো হইয়াছে। ঐ ছায়া শঙ্কু-আকৃতির (conical

shaped)। AB সূর্যের ব্যাস এবং CD পৃথিবীর ব্যাস। সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল। ইহা হইতে আমরা পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য— অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু O পর্যন্ত দূরত্ব নির্ণয় করিতে পারি। 1নং চিত্রে সরল জ্যামিতিক প্রয়োগ দ্বারা লিখিতে পারা যায়,—



চিত্র 1নং

$$\frac{AB}{CD} = \frac{MO}{NO}$$

অর্থাৎ, $\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{পৃথিবীর ব্যাস}} = \frac{\text{শীর্ষবিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{,, ,, পৃথিবীর ,,}}$

এখন, সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় 109 গুণ। শীর্ষবিন্দু হইতে পৃথিবীর দূরত্ব—অর্থাৎ ছায়াব দৈর্ঘ্য x ধরিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{109}{1} = \frac{93,000,000 + x}{x}$$

$$\text{or, } x = 861,111 \text{ মাইল (প্রায়)}$$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য প্রায় 861,111 মাইল।

(2) একটি চাকতির ব্যাস 1 ইঞ্চি। চাকতিকে চোখ হইতে কতদূরে রাখিলে উহা ঠিক সূর্যকে আবৃত করিবে? সূর্যের ব্যাস 860,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল।

[The diameter of a disc is 1 inch. How far from the eye should it be placed so that it may just cover the sun. The diameter of the sun is 860,000 miles and the distance between the earth and the sun is 93,000,000 miles.]

একত্রে সূর্যকে সম্পূর্ণ আবৃত করিতে হইলে চাকতির দ্বারা-দেখু ঈর্ষবিন্দু ঠিক চোখে পড়া চাই। 1নং চিত্রে পৃথিবীর বমলে চাকতিটি কল্পনা করিলে চোখ ঠিক O-বিন্দুতে থাকিবে। অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চাকতির ব্যাস}} = \frac{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{চাকতির দূরত্ব}}$$

অথবা, $\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}} = \frac{\text{চাকতির ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে চাকতির দূরত্ব}}$

$$\therefore \frac{860,000}{93,000,000} = \frac{1}{x}$$

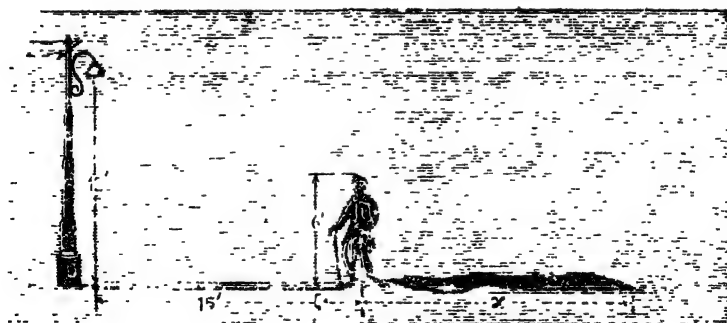
$$x = \frac{9300}{86} \text{ inches}$$

$$= \frac{9300}{86 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 9.01 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ চোখ হইতে চাকতিকে 9.01 ft. দূরে রাখিতে হইবে।

(3) 1প নং চিত্রে রাস্তার আলো দ্বারা কোন পথচারীর ছায়া দেখানো হইয়াছে। যদি রাস্তা হইতে আলোব উচ্চতা 12 ft., মানুষটির উচ্চতা 6 ft.



চিত্র 1প

এবং আলো হইতে মানুষটির দূরত্ব 15 ft. হয় তবে পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man 6 ft. high, is standing at a distance of 15 feet from a street lamp which is 12 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.]

আলোর উদ্ভূত। ছায়ার শীর্ষবিন্দু হইতে আলোকের দূরত্ব
মানুষের " " " " মানুষের "

অথবা, $\frac{12}{6} = \frac{15+x}{x}$

$$2x = 15 + x$$

$x = 15 \text{ ft.}$

1-8. আলোকের গতিবেগ (Velocity of light):

শূন্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 93,000,000 মাইল এবং উপরোক্ত গতিবেগ নষ্টয়া চলিবার কলে শূন্য হইতে পৃথিবীতে পৌছাইতে আলোব প্রায় 3'3 মিনিট সময় লাগে। কিন্তু নভোমণ্ডলে এমন এমন নক্ষত্র বা গ্রহ আছে যাহাদের দূরত্ব শূন্যের দূরত্বের বহুগুণ। সুতরাং সেই সমস্ত বস্তু হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে যথেষ্ট সময় লাগে। সেই সমস্ত গ্রহ বা নক্ষত্রে কোন মুহূর্তে পৃথিবী হইতে কিছু লক্ষ্য করিলে তাহা ঠিক সেই মুহূর্তে ঘটে না, তাহার বেশ কিছু পূর্বে ঘটে। যেমন, পৃথিবীর সবাপেক্ষা নিকটতম স্থির নক্ষত্র (fixed star) Alpha centauri হইতে আজ যে-আলো আসিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে তাহা উক্ত নক্ষত্র হইতে 4'4 বৎসর পূর্বে যাত্রা করিয়াছে। যদি নভোমণ্ডলের সবাপেক্ষা উজ্জ্বল নক্ষত্র Sirius আজ ইঠাৎ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় তবে উহা হইতে আলো আনো 8'8 বৎসর ধরিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে। সুতরাং ইহা হইতে বঝিতে পারো যে এই বিশ্ব কত বিবাত।

আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের প্রথম পরীক্ষা করেন ডেনমার্কের জ্যোতির্বিজ্ঞানী রোমার। পরে, ফিজু, মাইকেলসন্, অ্যাণ্ডারসন্ এবং আরো অনেক বিজ্ঞানী এই সম্বন্ধে পরীক্ষা করিয়াছেন। সর্বাধুনিক পরিমাপ অনুযায়ী শূন্যে আলোর গতিবেগ,

$$V = 299,774 \pm 5 \text{ km/sec}$$

$$= 2.99774 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$$

$$= 186,285 \text{ miles/sec.}$$

1-9. আলোক-বর্ষ (Light-year) :

বিরাট মহাকাশে যে অসংখ্য নক্ষত্ররাজি আছে তাহাদের ভিতরকার দূরত্ব এত বেশী যে মাইলে প্রকাশ করিলে উহা বিরাট সংখ্যায় দাঁড়াইবে। এই সুবিশাল দূরত্ব সমূহকে প্রকাশ করিবার জন্য জ্যোতির্বিজ্ঞানীরা ‘আলোক-বর্ষ’কে দূরত্বের একক হিসাবে ব্যবহার করেন। প্রতি সেকেন্ডে 186,000 মাইল গতিবেগ লইয়া আলো এক বৎসর সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাহাকে এক আলোক-বর্ষ ধরা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 186000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ মাইল} \\ = 5.86 \times 10^{12} \text{ miles (প্রায়)}$$

$$\text{অথবা, } 1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 300,000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ কিলোমিটার} \\ = 9.45 \times 10^{12} \text{ কিলোমিটার।}$$

সারাংশ

আলো এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা যাহা চোখে কোন বস্তু সম্বন্ধে দর্শন অসম্ভব হইলে সৃষ্টি করে। তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির দ্বারা আলোকও এক প্রকার শক্তি। ইহা তরঙ্গের আকারে একস্থান হইতে অন্যস্থানে চলাচল করে।

আলোক কোন সমপদ্য মাধ্যমের মধ্য দিয়া সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে।

সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা : ইহা দ্বারা আলোকের ঋজুগতি প্রমাণিত হয়। একটি কার্ডবোর্ডের বাস্তুর সম্মুখভাগে একটি সূচীছিদ্র করিয়া পশ্চাদ্ভাগে একটি ঘষা-কাচের প্লেট রাখা হয়। কোন দ্রব্য ছিদ্রের সম্মুখে রাখিলে কাচের প্লেটের উপর উহার উল্টা প্রতিকৃতি পড়ে।

ছায়া : আলোকের গতিপথে অবস্থ বস্তু রাখিলে বস্তুর ছায়া সৃষ্টি হয়। ইহাও আলোকেব ঋজুগতির প্রমাণ।

আলোকের উৎস ও অবস্থ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর ছায়ার আকৃতি নির্ভর করে। উৎস বিস্তৃত হইলে যে-ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহার কতকাংশে সম্পূর্ণ অন্ধকার এবং বাকী অংশে আংশিক অন্ধকার দেখা যায়। প্রথমোক্ত অংশকে প্রচ্ছায়া ও ২.৪টিকে উপচ্ছায়া বলে।

গ্রহণ : গ্রহণ চন্দ্রের ও সূর্যের হইয়া থাকে। অমাবস্তায় যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসে তখন চাঁদের ছায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে।

আবার পৃথিবীর যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়।

চন্দ্র ও পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতলের ভিতর সামান্য কৌণিক ব্যবধান থাকার প্রত্যেক অমাবস্তা বা প্রত্যেক পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না।

আলোর গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় 8'3 মিনিট সময় লাগে।

1 আলোক-বর্ষ = 5.86×10^{12} মাইল অথবা 9.45×10^{12} কিলোমিটার।

প্রশ্নাবলী

1. উপযুক্ত উদাহরণ এবং পৰীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে।

[Explain with suitable illustration and experiments that light travels in a straight line] [cf. H. S. (comp.) 1961]

2. সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। এই ক্যামেরা সম্পর্কে নিম্নলিখিত প্রশ্নের উত্তর লেখ :—(ক) ছিদ্রেব আঁকাব বড় করিলে কি হয়? (খ) ছিদ্র হইতে খসা-কাচের দূরত্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়? (গ) ছিদ্র হইতে বস্তুব দূরত্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়? (ঘ) ছিদ্রেব আঁকাব পরিবর্তন করিলে কি হয়?

[Describe a pin-hole camera and explain its action. Discuss the effect on the image of (a) enlarging the hole (b) increasing the distance between the pin-hole and the ground-glass screen (c) increasing the distance between the object and the pin-hole (d) altering the shape of the hole.]

3. একটি নকশার দাড়ায়ে সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ছিদ্রেব আঁকাব বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. What is the effect of increasing the size of the hole?] [H. S. Exam., 1960, '62]

4. একটি অন্ধকার ঘরে বাক্সের ভিতর একটি হলুদ মোমবাতি বাঁধা আছে; বাক্সের যে-কোন গায়ে একটি ছোট ছিদ্র করা হইল এবং ছিদ্র হইতে কিছু দূরে একখানি সাদা কাগজ ধরা হইল। কাগজের উপর কি দেখা যাইবে তাহা বর্ণনা কর ও উহাৰ উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A burning candle is placed inside a box in a dark room. A small hole is cut on one side of the box and a sheet of white paper is held at a short distance in front of the hole. Describe and explain the appearance seen on the paper.]

৫. 10 ft. \times 10 ft. একটি অন্ধকার ঘরের কোন সাদা দেয়ালের দ্বারা একটি ছোট ছিঁজ আছে। ছিঁজ হইতে বাহিরে এবং কিছু দূরে 55 ft. উঁচু একটি গাছ আছে। ছিঁজের বিপরীত দিকের দেয়ালে গাছের 11 inches উঁচু একটি প্রতিরূপ দেখিতে পাওয়া গেল। ছিঁজ হইতে গাছের দূরত্ব কত ?

[A dark room 10 ft. square with white walls has a small hole on the centre of one wall. An image 11 inches high of a tree is formed on the opposite wall, the tree being 55 ft high and situated at a certain distance outside the hole. How far is the tree from the hole ?] [Ans. 600 ft.]

৬. একটি সূচী-ছিঁজ ক্যামেরা বা ছিঁজ হইতে পর্দার দূরত্ব 8 inches এবং পর্দার উচ্চতা 6 inches ; 200 ft. উঁচু একটি গাছের পূর্ণ প্রতিরূপ পর্দায় গঠন করিতে হইলে গাছ হইতে ক্যামেরা কতদূরে রাখিতে হইবে ?

[The distance of the pin-hole to the plate, in a pin-hole camera, is 8 inches. How far from a tree 200 ft. high must the camera be placed to get the whole image of the tree on the plate if it is 6 inches high ?] [Ans. 266'6 ft.]

৭. একটি সূচী-ছিঁজ ক্যামেরা বা ছিঁজ হইতে 15 cm. দূরে একটি মোমবাতি আছে। বাতিটির শিখা 2 cm. দীর্ঘ। ক্যামেরা বা পর্দাটি ছিঁজ হইতে 25 cm. দূরে স্থাপিত হইলে প্রতিরূপের সাইজ কত হইবে ?

[A candle flame 2 cms. high is at a distance of 15 cm. from the pin-hole of a pin-hole camera. Find the size of the image when the screen of the camera is placed 25 cm. away from the hole.] [Ans. 8'88 cm.]

৮. ছায়ার সৃষ্টি কিরূপে হয় ? একটি বিস্তৃত আলোকপ্রভব হইতে আলোককণা নির্গত হইয়া একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হইলে কিরূপে প্রচ্ছায়া ও উপপ্রচ্ছায়া সৃষ্টি হয় তাহা নকশা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[How are shadows formed ? Explain, with a diagram, the formation of umbra and penumbra when rays of light from an extended source are obstructed by an extended object.] [cf. H. S. Exam. 1961]

৯. প্রচ্ছায়া ও উপপ্রচ্ছায়ার ভিত্তি পার্থক্য কি ? পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহার ছায়া মাটিতে পড়ে কিন্তু উপরে উঠিলে আর ছায়া দেখা যায় না। কেন ?

[What is the difference between umbra and penumbra ? When a bird flies at a very low altitude, its shadow on the earth is distinguishable. But as the bird moves higher up, the shadow becomes gradually indistinguishable. Why ?] [H. S. Exam. 1964]

১০. পত্রবহুল বড় গাছের ছায়ার মধ্যে গোল এবং ডিম্বাকার আলোকচক্রে দেখা যায় কেন ?

[Why are circular and elliptical patches of light seen in the shadow of a big tree ?]

11. 4 inches ব্যাসের গোলাকার একটি আলোক উৎস হইতে 8 ft. দূরে 2 inches ব্যাসের একটি সোল অবচ্ছন্ন বস্তু রাখা আছে। যত্ন হইতে নিকটতম কত দূরে একখানি পর্দা বাধিলে পর্দার প্রচ্ছায়া-বিহীন ছায়া হইবে ?

[A circular uniform source of light, 4 inches in diameter, is placed at a distance of 8 ft from a spherical opaque body 2 inches in diameter. Find the shortest distance from the latter at which a screen may be placed so as to have no umbra in the shadow cast upon it] [Ans. 8 ft.]

12. 8 inches ব্যাসযুক্ত একটি বাতব বল হইতে 2 ft. দূর একটি গোলাকার আলোক-উৎস রাখা আছে। আলোক-উৎসের ব্যাস 6 inches বাতব বলের 1 ft. পশ্চাতে একটি পর্দা বাধিলে ঐ পর্দায় যে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহাদের শাস নির্ণয় কর।

[Calculate the lengths of the diameters of the umbra and penumbra of the shadow of a metal ball 8 inches in diameter placed 2 ft from a source of light which is 6 inches in diameter, the screen being 1 ft from the ball]

[Ans. 9 inches, 15 inches.]

18 গ্রহণ কাক্ষিক বল ? সূর্যের চিত্র আঁকিয়া চন্দ্র ও সূর্যের গ্রহণ প্রাণী কর।

[What is an eclipse ? Explain, with neat diagrams, the occurrence of lunar and solar eclipses.] [Cf. H S Exam, 1961]

14 সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইবার জন্য দু'খানি পৃথক পৃথক আঁক। (কোন শাখার প্রবেশন নাও)।

ভোক্তার আঁকা সূর্যগ্রহণের ছবি হইতে বল (i) পৃথিবীর আঁকা লোকিত গোলাকারে সব জায়গা হইতে গ্রহণ দেখা যায় না কেন ? (ii) একস্থানে সূর্যের পূর্ণগ্রহণ এবং অন্য স্থানে শুধু গ্রহণ দেখা যায় কেন ?

প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাত্রে গ্রহণ হয় না কেন ?

[Draw two neat diagrams to illustrate eclipses of the sun and the moon (Only diagrams and no descriptions are necessary). In reference to the diagram of solar eclipse that you draw explain why (i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth - (ii) a solar eclipse may be total at a place but partial at another ? Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ?] [H. S. Exam 1963]

16 বলব গ্রহণ কি ? ইহা সূর্যের হয় না চন্দ্রের হয় ? ইহা কাক্ষিক হয় ? প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাত্রে গ্রহণ হয় না কেন ?

[What is an annular eclipse ? Does it take place for the sun or for the moon ? How does it take place ? Why don't we find eclipse occurring on every full moon and new moon ?]

16. চন্দ্রগ্রহণ সম্পর্কে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—

(ক) কখন চন্দ্রের পূর্ণ গ্রহণ হয় ?

(খ) কখন চন্দ্রের অর্ধ গ্রহণ হয় ?

- (গ) গ্রহণ আরম্ভ হইবার পূর্বে এবং পরে কিছুকণের অস্ত চন্দ্রের উজ্জ্বলতা হ্রাস পায় কেন ?
 (ঘ) সকল পূর্ণিমাতে চন্দ্র গ্রহণ দেখা যায় না কেন ?
 (ঙ) চন্দ্রের বলয় গ্রহণ হয় না কেন ?

[Answer the following questions in connection with lunar eclipse :—

- (a) When does total eclipse take place ?
 (b) When does partial eclipse take place ?
 (c) Why does the brightness of the moon become dimmer for some time before and after the eclipse ?
 (d) Why do not eclipses take place at every full moon ?
 (e) Why don't we find annular eclipse of the moon ?]

17. সূর্যের ব্যাস 9×10^5 মাইল, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 9×10^7 মাইল এবং চন্দ্রের ব্যাস 2100 মাইল। পৃথিবীর উপরিস্থ কোন একটি বিন্দু হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা গেলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের তখনকার দূরত্ব নির্ণয় কর। হিসাবের সুবিধার জন্য ঐ বিন্দু এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এক ধরিয়া লইতে পারো।

[The diameter of the sun being taken as 9×10^5 miles and its distance from the earth 9×10^7 miles and the diameter of the moon 2100 miles, find the distance of the earth from the moon at the time of a solar eclipse when the eclipses is total only at a single point on the earth. For convenience of calculation, the point in question and the centre of the earth may be assumed coincident.] [Ans. 21×10^4 miles]

18. একটি পয়সা তটতে 9 ft. দূরে কোন বিন্দুতে সূর্য ও পয়সাটি একই কোণ উৎপন্ন করে। পয়সা হইতে 5 ft দূরে আলোকবাহিনী সম্বন্ধে লম্বভাবে একগাধি কাগজ রাখিলে ঐ কাগজের উপর পয়সার যে ছায়া পড়িলে তাহার ব্যাস নির্ণয় কর। সূর্যের ব্যাস 86,0000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 98,000,000 মাইল।

[The sun subtends the same angle as a pice subtends at a distance of 9 ft. Calculate the diameter of the shadow of the pice cast by the sun on a paper held perpendicular to the ray at a distance of 5 ft. from the pice. The diameter of the sun is 86,0000 miles and the distance between the sun and the earth is 98,000,000 miles.] [Ans. 0'44 inch]

19. $5\frac{1}{2}$ ফুট উচ্চতার মনৈক ব্যক্তি বাস্তব আলোকদণ্ড হইতে 5 ফুট দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি বাস্তব হইতে 9 ফুট উচ্চ। ব্যক্তির ছায়া দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.] [H. S. Exam. 1960] [Ans. 7'8 ft.]

20. 2 metres উচ্চ একটি খাড়া স্তম্ভ একটি খাড়া আলোকদণ্ড হইতে 2'5 metres দূরে আছে। ব্যক্তির উজ্জ্বল ফিশ্মেট ভূমি হইতে 4 metres উচ্চতায় আছে। ভূমিতে স্তম্ভের ছায়া দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A vertical pillar, 2 metres high, stands at a distance of 2.5 metres from the base of a vertical lamp-post. The incandescent filament of the lamp is at a height of 4 metres from the ground. Determine the length of the shadow of the pillar on the ground below.] [Ans. 2.5 metres]

21. 'প্রচ্ছায়া' এবং 'উপচ্ছায়া'র ভিতর পার্থক্য কি? ছায়া গঠিত হইবার মূল নীতি বর্ণনা কর। গোলীয় প্রতিবন্ধকের দরুন নিম্নলিখিত উৎসের দ্বারা গঠিত প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়াব অংশ পথিকাব ছবি আঁকিয়া দেখাও :—

(i) বিন্দু আলোক উৎস (ii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা ক্ষুদ্র (iii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা বৃহৎ।

কোন বর্ণনাব প্রয়োজন নাই।

[Distinguish between 'Umbra' and 'Penumbra'. State the physical principle involved in the formation of shadows.]

Indicate, by means of neat diagrams, the regions of umbra and penumbra if any, due to a spherical obstacle by—

(i) a point source of light (ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle (iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle. No description is necessary. [H. S. (comp.) 1960, '63]

22. 10 ft. চওড়া একটি দরবের কোন জানালায় একটি ক্ষুদ্র ফাঁটা আছে। দরবের বাহিরে একটি গাছের প্রতিরূতি দেওয়ালে গঠিত হইল। প্রতিরূতির উচ্চতা 4 ft. এবং জানালা হইতে গাছের দূরত্ব 80 ft. হইলে গাছের উচ্চতা কত?

[A small hole is made in the window shutter of a room 10 ft wide and an image of a tree outside the room is formed on the opposite wall. If the tree is 80 ft away from the window and the image is 4 ft high, what is the height of the tree?] [Ans. 12 ft.]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

সমতল আলোকের প্রতিফলন

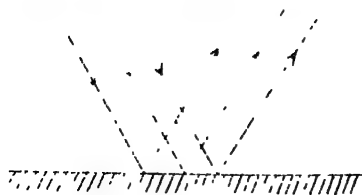
[Reflection of light at a plane surface]

২-1. আলোকের প্রতিফলন (Reflection of light) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোনো সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলোক সরলরেখায় গমন করে। কিন্তু আলো যখন এক মাধ্যম হইতে অগ্র মাধ্যমে আপতিত হয় তখন ঐ আলোর কিয়দংশ দ্বিতীয় মাধ্যমের তল (surface) হইতে পুনরায় সবলরেখায় প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া আসে। এই ঘটনাকে আলোর **প্রতিফলন** বলে। আপতিত আলোর কত অংশ প্রতিফলিত হইবে তাহা ভূতটী বিদ্যেব উপর নির্ভর করে। প্রথমঃ আপতিত আলো প্রতিফলকের উপর কত কোণে আপতিত হইল এবং দ্বিতীয়তঃ কোন মাধ্যম হইতে আসিয়া কোন মাধ্যম কর্তৃক প্রতিফলিত হইল। দেখা গিয়াছে বায়ু হইতে সবাসবি অভিলম্ব ভাবে আলো কাচের পর্ডলে প্রায় ৭৫% আলো প্রতিফলিত হয়। আলোকবাহী প্রতিফলক তলে যত কাচ হইয়া পর্ডলে গন্ত বেনা পরিমাণ আলো প্রতিফলিত হইবে। বায়ু হইতে সমতল দপণে অভিলম্ব ভাবে আলো পড়িলে প্রায় ৯০% আলো প্রতিফলিত হয়। দপণ হইয়া আলোর প্রতিফলন তোমরা মনে করি। দপণের কাচের জানলায় টাংরা সুরের আলো আসিয়া পড়িলে আলো প্রতিফলিত হয়, তাহা শুধু প্রায়েরা জানে। সুতরাং আমাদের দৈনন্দিন জীবিত্ত্ব হইয়া আলোর প্রতিফলন সদাচর্য দর্শিতে পাই।

প্রতিফলকের তল অনুযায়ী আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার হইতে পারে
যথা :— (1) **নিয়মিত (regular) প্রতিফলন**, (2) **নিষ্কণ্ট (diffused) প্রতিফলন**।

২-2. নিয়মিত প্রতিফলন (Regular reflection) :



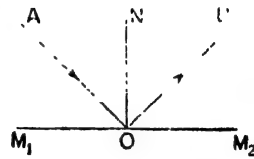
আলোকবাহীর নিয়মিত প্রতিফলন

চিত্র ২ক

যদি প্রতিফলকের তল মসৃণ হয় তবে প্রতিফলিত বর্ণিস্ত্রলি একটি নির্দিষ্ট দিকে ঘাইবে এবং আপতিত বর্ণিস্ত্রলি সমস্তই প্রতিফলিত বর্ণিস্ত্রলি মিল থাকিবে। ২ক নং চিত্রে একটি মসৃণ তলে একগুচ্ছ সমাপ্তবাল বর্ণি আপতিত হইয়াছে।

উহাদের প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছও সমান্তরাল। এই ধরনের প্রতিফলনকে নিয়মিত প্রতিফলন বলে।

২য় নং চিত্রে একটি রশ্মি লইয়া নিয়মিত প্রতিফলন দেখান হইয়াছে। AO রশ্মি M_1M_2 প্রতিফলক দ্বারা OB বশ্মিতে প্রতিফলিত হইয়াছে। এখানে AO রশ্মিকে আপতিত (incident) রশ্মি বলা হয় এবং OB কে বলা হয় প্রতিফলিত (reflected) রশ্মি। যে-বিন্দুতে আপতিত রশ্মি প্রতিফলকের উপর পড়ে (অর্থাৎ, O বিন্দু) তাকে বলা হয় আপতন বিন্দু (point of incidence)। আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর যদি লম্ব টানা যায় (ছবিতে ON), তবে উহাকে অভিলম্ব (normal) বলা হয়।



চিত্র ২য়

আপতিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle AON$) উহাকে আপতন কোণ (angle of incidence) এবং প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle BON$) উহাকে প্রতিফলন কোণ (angle of reflection) বলে।

২-৩. নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র (Laws of regular reflection)

নিয়মিত প্রতিফলন নিম্নলিখিত দুইটি সূত্রানুযায়ী চলিয়া থাকে।

(১) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমভুজের অবস্থান করে।

(২) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে অর্থাৎ $\angle AON = \angle BON$ (চিত্র নং ২য়)।

২-৪. বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন (Diffused reflection) :

যদি প্রতিফলকের তল অসম্মত হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চতুর্দিক ছড়াইয়া পড়ে এবং আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছের কোন মিল থাকে না। ২গ নং চিত্রে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অসম্মত তলে আপতিত হইয়াছে। প্রত্যেকটি খালাদা রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হইবে কিন্তু যেহেতু তল অসম্মত সেই হেতু তলের বিভিন্ন বিন্দুতে অভিলম্ব বিভিন্ন দিকে হইবে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চারিদিকে বিক্ষিপ্ত হইবে।

এবং আপতিত বস্তুর সহিত কোন মিল থাকিবে না। ইহাকে বিক্ষিপ্ত

প্রতিফলন বলা হয়।



অসমতল পৃষ্ঠের দ্বারা বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন
চিত্র ২গ

ঘষা কাচ, সাদা কাগজ, ঘরের দেওয়াল, সিনেমার পর্দা ইত্যাদি অমসৃণ বলিয়া বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন সৃষ্টি করে।

ইহাব ফলে এই বস্তুগুলি যেদিক হইবে দেখা যাক না কেন সর্বত্র সমান উজ্জ্বল দেখাইবে। কিন্তু সমতলে দর্পণ

নির্ম্মিত প্রতিফলন সৃষ্টি কবে বলিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিফলনে অংশ গ্রহণ কবে সেই অংশই চকচকে দেখায়।

যদি পবিকাব এ + টুকরা কাচের প্লেটের উপর খালে আঁসিয়া পড়ে, হাত হইলে খুব অল্প আলোই প্রতিফলিত হইবে—বেশীভাগ আলোই কাচ ভেদ করিয়া প্রপন পাশে চলিয়া যাইবে। এই কারণে দর্পণ তৈয়ারী করিতে হইলে কাচের প্লেটের একপাশে পাতলা ধাতব প্রলেপ—সাধারণত পানদ প্রলেপ—দেওয়া হয়। এই প্রলেপ অস্বচ্ছ বলিয়া বেশীভাগ আলোই এই প্রলেপ দ্বারা প্রতিফলিত হইবে। ইহাকে সিলভারিং (silvering) বলা হয়। স্মৃতবাং এই ধবনৈব দর্পণ কর্তৃক আলোর প্রতিফলনের সময় মনে রাখিতে হইবে যে বেশীভাগ প্রতিফলনই দর্পণের পশ্চাদ্ভাগ—অর্থাৎ পানদপ্রলেপযুক্ত তল হইতে হইতেছে ; সম্মুখতল হইতে খুব সামান্য প্রতিফলন হয়।

যদি কোন কৃষ্ণবর্ণ তলের উপর আঁসিয়া আলো পড়ে তবে ঐ আলোর বিশেষ কোন অংশই তল কর্তৃক প্রতিফলিত হইবে না বা ঐ তল ভেদ করিয়া যাইবে না। ঐ ধবনৈব তল আলোকে প্রায় সম্পূর্ণ শোষণ করিয়া লয়। এই কারণে ক্যামেরা, দূরবীণ, প্রভৃতি আলোকীয় যন্ত্রের অভ্যন্তর কৃষ্ণবর্ণ করা থাকে যাহাতে ঐ সকল যন্ত্রের অভ্যন্তরে আলোর কোন অব্যাহিত প্রতিফলন না হইতে পারে। ঠিক বিপরীত ঘটনা ঘটে না তলের (white surface) ক্ষেত্রে। সাদা তল কোন আলোই শোষণ করে না। তাই, সিনেমার পর্দা সাদা রংয়ের করা হয়। ইহাতে আলোর শোষণ হইতে পারে না এবং প্রতিবিম্বের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি পায়। তাছাড়া, সাদা পশ্চাদ্ভাগে কালো ছবি ভাল ফুটিয়া উঠে বলিয়াও সিনেমার পর্দা সাদা করা হয়।

ঘষা কাচ (ground glass) স্বচ্ছ নয় কিন্তু জলে ভিজাইলে উহা প্রায় স্বচ্ছ

হয়। ইহার কারণ এই যে, কাচ ঘষা হওয়াতে উহার তল অমসৃণ এবং উহার উপর আলোকরশ্মি পড়িলে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়। তাই উহাকে অস্বচ্ছ দেখায় কিন্তু উহাকে জলে ভিজাইলে উহার দুই পৃষ্ঠে জলেব একটি সূক্ষ্ম স্তর পড়ে। ইহাতে অমসৃণ তল কিছুটা মসৃণ হয় এবং আলোকরশ্মিব মোটামুটি নিয়মিত প্রতিফলন হয়। তখন উহাকে প্রায় স্বচ্ছ দেখায়।

সূর্যোদয়ের কিছুপূর্বে এবং সূর্যাস্তের কিছু পূর্বে পূর্ব এবং পশ্চিমাকাশ লাল হইয়া উঠে, নিশ্চয়ই লক্ষ্য করিয়াছ। ইহাদিগকে যথাক্রমে বলা হয় **উষা** (dawn) এবং **গোপুন্নি** (twilight)। আকাশে ভাসমান অসংখ্য আলিঙ্গন ও চলকণা কঠক সূর্যবশিষ্ট বিক্ষেপের জগু একক সূর্য—অর্থাৎ এ কণাগুলি সূর্যবশিষ্ট বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন সৃষ্টি করে।

'2-5. প্রতিফলন সূত্রসমূহের পরীক্ষামূলক প্রমাণ (Experimental verification of the laws of reflection) :

প্রতিফলনের সূত্র পরীক্ষামূলকভাবে দুই উপায়ে প্রমাণ করা যায়।

- (1) হার্টল-এব আলোকচক্র (Hartle's optical disc) দ্বারা ও
- (2) পিন দ্বারা।

পরীক্ষা :

'(1) **হার্টল-এব আলোকচক্র দ্বারা :**

একটি পাতলা গোলাকার ধাতবচক্র একটি দণ্ডের উপর পাতিতভাবে সাজানো আছে। চক্রটি চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগ $0^\circ-90^\circ$ ডিগ্রী স্কেলে দাগ কাটা আছে। চক্রটিকে উহার কেন্দ্রগত একটি অভূমিক অক্ষের (horizontal axis) চতুর্দিকে লম্বতলে (vertical plane) ঘুরানো যায়। S একটি ধাতব পদা এবং উহার গায়ে একটি সরু ছিদ্র A আছে। এই ছিদ্র দিয়া আলোকরশ্মি প্রবেশ করে ও চক্রের তলে পতিত হয়। $90^\circ-90^\circ$ রেখার সহিত মিশাইয়া একটি পাতলা সমতল দর্পণ (plane mirror) M লাগানো থাকে। সুতরাং $0^\circ-0^\circ$ রেখা দর্পণের মধ্যস্থল দিয়া দর্পণের উপর অভিলম্ব হইবে (২য় নং চিত্র)।



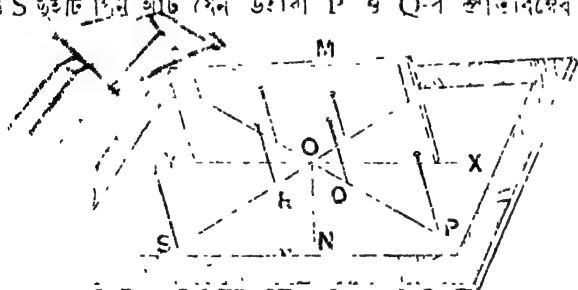
হার্টলের আলোকচক্র
চিত্র ২ঘ

A ছিদ্র দিয়া AO আলোকরশ্মি চক্রের গা বাহিয়া দর্পণের মধ্যস্থলে আপতিত হইলে OB রেখায় প্রতিফলিত হইবে। দেখা যাইবে, প্রতিফলিত রশ্মিও চক্রের গা বাহিয়া যাইতেছে। সুতরাং আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্ব চক্রের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইল।

আপতন ও প্রতিফলন কোণ চক্রের স্কেল হইতে সোজাস্বজি পাওয়া যাইবে। দেখা যাইবে, ইহা বা সমান। চক্রটি সামান্য ঘুবাইলে আপতিত রশ্মি নতুন আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলন কোণ পরিবর্তিত হইবে এবং এই অবস্থায় ইহা বা পুনরায় সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

(২) পিন দ্বারা :

একটি সমতল বোড়ে একখানি সাদা কাগজ পিন দ্বারা আটকাও এবং পেন্সিল দিয়া XY একটি বেখা টান। একটি পাতলা সমতল দর্পণ M-কে খাড়াভাবে XY বেখার সহিত মিলাইয়া আটকাও। এইবার P ও Q দুইটি পিন এমনভাবে আঁট যেন উভ্যদেব পদদ্বয় যোগ দ্বিধে PQ সরলরেখা দর্পণকে আনন্দভাবে (obliquely) O বিন্দুতে স্পর্শ করবে। দর্পণের ভিতর দিয়া দেখিলে P ও Q-র প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। যদি কই হইতে তাহাইবা প্রতিবিম্ব দুটি এক সরলরেখার প্রান্তে এমনভাবে চোখ রাখিয়া R ও S দুইটি পিন আঁট যেন উভ্যদেব P ও Q-র প্রতিবিম্বের সহিত একই



পিনদ্বারা প্রতিফলনের সূত্র প্রমাণ

চিত্র 2৬

সরলরেখায় থাকে (2৬ নং চিত্র)। পিনগুলির অবস্থান পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত কর। এইবার দর্পণ ও পিন সরাইয়া PQ সরলরেখা ও SR সরলরেখা বন্দিত দ্বিধে উভ্যদেব XY বেখার সহিত O বিন্দুতে মিলিত হইবে।

এস্থলে PQ আপতিত রশ্মি ও RS প্রতিফলিত রশ্মি। O বিন্দু হইতে XY রেখার উপর ON লম্ব টানিলে উহা দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব হইবে। উহার সর্বত্রই কাগজের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইতেছে।

দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করার হইলে $\angle PON$ ও $\angle SON$ মাপ। উহার সাধাৰ্ণতায় আপতন ও প্রতিফলন কোণ। দেখিবে এই কোণ দুটি সমান, অর্থাৎ
 আপতন কোণ = প্রতিফলন কোণ।

2-6. আলোকরশ্মির প্রত্যগমন (Reversibility of a ray of light):

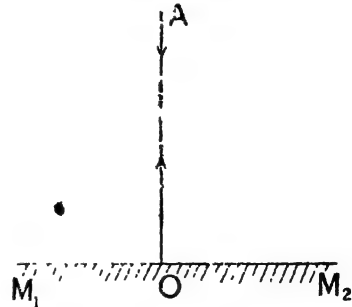
এখান চিত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে AO যদি আপতিত রশ্মি হয় এবং OB যদি তাহার প্রতিফলিত রশ্মি হয়, তবে $\angle AON = \angle BON$ । এখন যদি কোন বস্তু BO দেখায় $M_1 M_2$ দর্পণের উপর আপতিত হয় তবে আপতন কোণ $\angle BON$ ।

তাহা প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী $\angle AON$ প্রতিফলন কোণ হইবে এবং তাহা অর্থাৎ বস্তুকে OA দেখায় প্রতিফলিত হইতে হইবে।

উহা অর্থাৎ এই যে কোন বস্তু যদি প্রত্যগমন হইয়া A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে পৌছায়, তবে রশ্মি উল্টা দিকে প্রতিফলিত হইয়া B বিন্দু হইতে A বিন্দুতে পৌছাইবে। উহাকে আলোকরশ্মির প্রত্যগমন বলে।

2-7. রশ্মির অভিলম্ব আপতন (Normal incidence of a ray):

এখা যাউক, কোন বস্তু $M_1 M_2$ দর্পণের উপর লম্বভাবে AO সরলরেখায় আপতিত হইল। এস্থলে আপতন কোণের মান শূন্য, অতএব প্রতিফলনের সূত্র অনুযায়ী প্রতিফলন কোণের মান শূন্য। কাজেই প্রতিফলিত রশ্মি OA পথে প্রত্যগমন করিবে (25 নং চিত্র)।

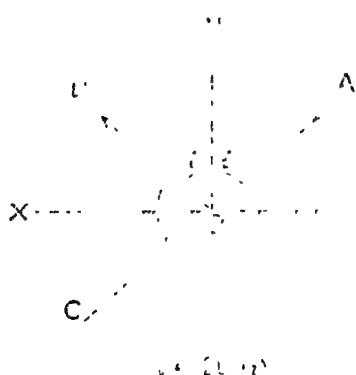


রশ্মির অভিলম্ব আপতন
 চিত্র 25

অতএব মনে রাখিবে যে কোন বস্তু যদি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হয় তবে পুনরায় অভিলম্বভাবেই পথে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া যাইবে।

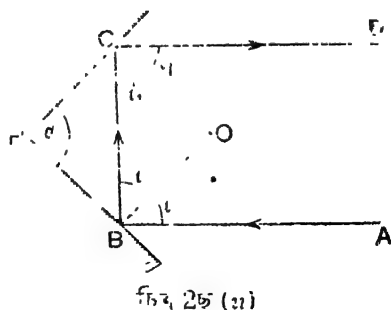
2-8. প্রতিফলনের ফলে রশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to reflection) :

আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলক দ্বারা প্রতিফলিত হইলে আপন পথ হইতে চ্যুত হয়। মনে কর, AO একটি আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলকের উপর O বিন্দুতে আপতিত হইল। আপতন কোণ $\angle AON = i$ । রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OB পথে গেল [চিত্র (1) নং চিত্র] প্রতিফলন কোণ $\angle BON = r$ [প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী]।



এখন, প্রতিফলক না থাকিলে AO রশ্মি সরাসরি AOC পথে চাইয়া যািত। প্রতিফলনের ফলে রশ্মি OB পথে গায়ে-অগায়ে গিয়া গাির হইয়াছে। এ স্থলে $\angle BOC$ রশ্মির চ্যুতি কোণের (angle of deviation) পরিমাপ করে। চিত্র হইতে দেখা যায় যে $\angle BOC = 180^\circ - \angle BOA = 180^\circ - i - r$ ।

এখন মনে কর, দুইটি প্রতিফলক PB এবং PC পরস্পরের সমান্তরাল হইয়া আছে এবং প্রতিফলক [চিত্র (2) নং চিত্র] এবং একটি রশ্মি AB প্রথম প্রতিফলক B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া BC পথে দ্বিতীয় প্রতিফলকে উপস্থিত হইবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া CD পথে নির্গত হইল। একেই মোট চ্যুতি কত হইবে?



মনে কর, B বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ $= i_1$ এবং C বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ $= i_2$ ।

এই পর্দার আলোনা হইতে আমরা সিদ্ধি পাই যে B-বিন্দুতে

প্রতিফলনের দক্ষন চ্যুতি $= 180^\circ - 2i$ এবং C বিন্দুতে প্রতিফলনের দক্ষন চ্যুতি $= 180^\circ - 2i_1$.

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং মোট চ্যুতি} &= 180^\circ - 2i + 180^\circ - 2i_1 \\ &= 360^\circ - 2(i + i_1)\end{aligned}$$

এখন CBO ত্রিভুজের কথা বিবেচনা করিলে, $i + i_1 = 180^\circ - \angle BOC$

আবার PCOB চতুর্ভুজের ,, ,, ,, $\angle = 180^\circ - \angle BOC$
[কারণ $\angle PCO$ এবং $\angle PBO$ উভয়েই 90°]

$$\therefore \angle = i + i_1$$

কাজেই বাক্যের দ্বারা প্রতিফলনে মোট চ্যুতি $= 360^\circ - 2 \angle$

যদি প্রতিফলক দুইটি সমান্তরালে থাকে তবে $\angle = 90^\circ$ এবং সেক্ষেত্রে মোট চ্যুতি $= 360^\circ - 2 \times 90^\circ = 180^\circ$ অর্থাৎ, প্রথম আপতন এবং নির্গমনের সমান্তরাল থাকার পরে বিকৃত হওয়া আলোকরশ্মি পুনরায় প্রথম অবস্থায় ফিরে আসবে।

১-৭ প্রতিবিন ও উহার সংজ্ঞা (Conjugate points definition):

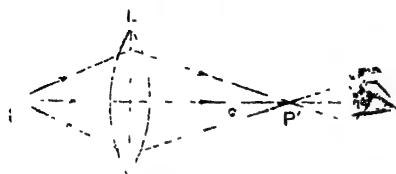
প্রতিবিম প্রতিমা লক্ষ্যেতে দেওয়া হলে, দ্রষ্টার বিন্দুকে ক'হলে যেখানে অমাবশ্যিক আলোকের প্রতিফলিত আলো পড়বে, সেখানে পড়বে। পড়বে না, সেখানে পড়বে না। পড়বে না, সেখানে পড়বে না। পড়বে না, সেখানে পড়বে না।

দ্রষ্টার বিন্দুকে ক'হলে যেখানে অমাবশ্যিক আলোকের প্রতিফলিত আলো পড়বে, সেখানে পড়বে না, সেখানে পড়বে না। পড়বে না, সেখানে পড়বে না। পড়বে না, সেখানে পড়বে না। পড়বে না, সেখানে পড়বে না।

সুতরাং যখন কোন বিন্দু প্রভা (conjugate) হইতে আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে গিয়া পড়িয়াছে বা অন্য কোন বিন্দু হইতে অগম্য হইয়াছে, তখন প্রতিফলক বা প্রতিসারক বিন্দু দুইটির বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভা এবং দ্বিতীয় বিন্দু প্রভা বলা হয়।

প্রতিবিম দুই প্রকারের হইতে পারে। যথাঃ— (1) দৃশ্যের (real image) ও (2) অবদৃশ্যের (virtual image)।

সদ্বিশ্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত বর্ণিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দুকে প্রভবের সদ্বিশ্ব



সদ্বিশ্ব
চিত্র 2জ (i)

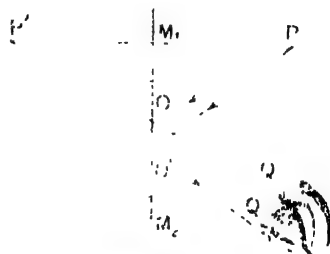
(real image) বলা হয়।

2জ (i) নং চিত্রে P বিন্দু-প্রভব হইতে বর্ণিগুচ্ছ L-উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া P' বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং পবে চোখে বাইরা পড়িতেছে।

এখানে লেন্সের ভিতর দিয়া P বিন্দুর দিকে তাকাইলে চোখ P' বিন্দুতে উহার প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে। এই প্রতিবিম্বকে সদ্বিশ্ব বলা হয়। P'-বিন্দুতে কোন সাদা পদা বাথিলে পদা টপবে P-এর প্রতিবিম্ব পড়িবে।

অসদ্বিশ্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত বর্ণিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দু হইতে আগত হইতেছে বলিয়া মনে হয় এমন ঐ দৃশ্যীয় বিন্দুকে প্রভবের অসদ্বিশ্ব (virtual image) বলা হয়।

2জ (ii) নং চিত্রে M_1M_2 সমতল দর্পণের সাহায্যে P একটি বিন্দু প্রভব। P হইতে বর্ণিগুচ্ছ বহিগত হইয়া দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং চোখে গিয়া পড়িতেছে। দর্পণের ভিতর দিয়া তাকাইলে মনে হইবে প্রতিফলিত বর্ণিগুচ্ছ P' বিন্দু হইতে আগত হইতেছে অর্থাৎ, মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দু অবস্থিত। সুতরাং P' বিন্দু P বিন্দুর অসদ্বিশ্ব। এখানে P' বিন্দুর স্থানে পদা বাথিলে পদায় কোন প্রতিবিম্ব পড়িবে না। সুতরাং অসদ্বিশ্ব কেবলমাত্র চোখে দেখা যায়।



অসদ্বিশ্ব
চিত্র 2জ (ii)

সূচী-ছিন্ন ক্যামেরা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে ঐ ক্যামেরায় যে প্রতিকৃতি পাওয়া যায় তাহাকে প্রতিবিম্ব বলা চলে না (1-4 অঙ্কচ্ছেদ দেখা)। উহার কারণ এখন বুঝিতে পারিবে। ঐ ক্যামেরায় যে প্রতিকৃতি হয় তাহা প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত বর্ণির সদ্বিশ্ব বা অসদ্বিশ্ব মনে গঠিত হয় না; বরং উহাকে প্রতিবিম্ব বলা হইতে না।

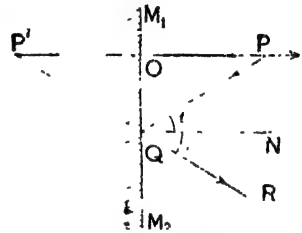
সদৃ ও অসদৃবিশ্বের পার্থক্য :

(1) কোন বিন্দু হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি এক বিন্দুতে মিলিত হয় তবেই সদৃবিশ্ব সৃষ্টি হয় কিন্তু যদি তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত না হইয়া কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে অসদৃবিশ্বের সৃষ্টি হয়।

(2) সদৃবিশ্ব চোখে দেখা যায় এবং পদাতেও ফেলা যায়। কিন্তু অসদৃ-বিশ্ব শুধু চোখে দেখা যায়, পদাতে ফেলা যায় না।

2-10. সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব :

M_1M_2 একটি সমতল দর্পণ ও P উত্তার সম্মুখে অবস্থিত একটি বিন্দু-প্রভব। P হইতে PO রশ্মি দর্পণে অভিনমন-রূপে আঘাত হইয়া পুনরায় OP পথে অভিনমনভাবে প্রতিফলিত হইয়া প্রত্যাবর্তন করিল। আন একটি রশ্মি PQ প্রতিফলিত হইয়া QR পথে গমন করিল। সুতরাং $\angle PQN = \angle RQN$ (২য় নং চিত্র)।



সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব
চিত্র ১৭

OP ও QR এই দুইটি প্রতিফলিত রশ্মি পিছনে বহিত করিলে P' বিন্দুতে মিলে। অর্থাৎ, মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছ P বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং P বিন্দু P বিন্দুর অসদৃবিশ্ব।

এখন, $\angle PQN = \angle OPQ$ (যেহেতু QN ও OP সমান্তরাল)

আবার একই কারণে $\angle NQR = \angle OPQ$

সুতরাং, $\angle OPQ = \angle OP'Q$ [কারণ $\angle PQN = \angle NQR$]

এবং, $\triangle QOP$ ও QOP' নয়। ইহাদের মধ্যে

$$\angle OPQ = \angle OP'Q$$

$$\angle QOP = \angle QOP' \quad [\because \text{উভয়েই } 90^\circ]$$

সুতরাং QO দুই ত্রিভুজের দ্বারা

\therefore ত্রিভুজের সমগম। সুতরাং, $OP = OP'$

অর্থাৎ, প্রতিব-প দর্পণের যতটা সম্মুখে প্রতিবিম্ব P' দর্পণ হইতে (২য়) পিছনে এবং P' সমানদৈর্ঘ্য দর্পণকে পার্শ্বভাবে ছেদ করে।

অতএব সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বহমান :

(১) দর্পণ হইতে বস্তু দূরত্ব (object distance) = দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব (image distance)।

(২) প্রতিবিম্ব ও বস্তু সমলরেখা দ্বারা সংযুক্ত করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(৩) প্রতিবিম্ব অসদৃশ।

2-11 দর্পণ সমতল কিনা তাহার পরীক্ষা (Testing of planeness of a mirror) :

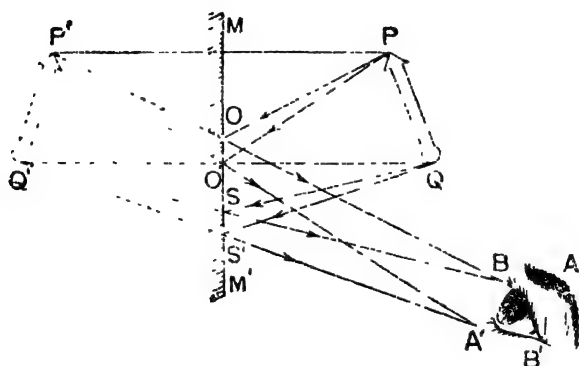
কোন দর্পণ ঠিক ঠিক সমতল কিনা তাহা আয়ত প্রতীবিম্ব দেখিয়া সহজে পরীক্ষা করিতে পারি, কারণ আয়ত প্রতীবিম্বের প্রতিবিম্ব যে দর্পণ সমতল হইবে প্রতিবিম্ব বস্তু বস্তুদগত সমান হইবে। এখন যে দর্পণ পরীক্ষা করিতে হইবে তাহার এমন একটি বস্তু সংলগ্ন কর যে একটি বাহু এবং দৃঢ়তা যুক্ত—যেমন, পানাজির মোড়ানো ঠিক জিপসোমের পাতক প্রভৃতি। যদি দর্পণ ঠিক সমতল হইবে তাহা হইবে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুদগত হইবে। অন্যথায় প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুদগত হইবে না।

2-12. পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Location of image by pins) :

সমতল বোডে স্থিতিবানো একতরু বাগজেব উপর MM একটি সমতল দর্পণ প্রত্যাহারে স্থিতিবানো থাকে। উপর সম্মুখে P একটি পিন। P বিন্দু দর্পণ বস্তু P-এর প্রতিবিম্ব। P বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করিতে হইবে। P বিন্দুর তল গাফ হইবে। শিকারিয়া C এবং D দুইটি পিন এমনভাবে গোতা হইল যে C, D ও P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। পদ পদায় 2য় নং চিত্র। এখন P-এর বস্তু পাশ হইতে তালাইয়া A এবং B দুইটি পিন এমনভাবে বসানো হইবে যে উপর এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। এখন, আয়ত বস্তু করিতে পারি যে P-পিন হইতে বস্তুদগত MM' দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া AB এবং CD সরলরেখায় গিয়াছে :

আলোকরশ্মির প্রতিফলনের দ্বারা উক্ত PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব দর্শক করণে দেখিবে তাহা 2দ নং চিত্রে দেখানো হইল।

P বিন্দু হইতে PO এবং PO' রশ্মিগুচ্ছ দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে এমনভাবে পৌঁছায় যে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে অর্থাৎ P' বিন্দু হইতেছে P বিন্দুর অসদ্বিষ। তেমনি সর্বনিম্ন Q বিন্দু হইতে QS ও QS' রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে রশ্মিগুলি Q' বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং চোখ Q বিন্দুর অসদ্বিষ Q' বিন্দুতে দেখিবে। এইভাবে PQ বস্তুর প্রত্যেক বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ



আলোকরশ্মির প্রতিফলনে বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব

চিত্র 2দ

প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে এবং পুনঃ প্রতিবিম্ব P'Q' সৃষ্টি করিবে।

উপরোক্ত ক্ষেত্রে একটি বিষয় লক্ষ্য করিবার আছে। PQ বস্তু ও চোখের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে কার্যকর হইয়াছে তাহা হইল O হইতে S' পর্যন্ত। সুতরাং উক্ত দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণ হইলেই প্রতিবিম্ব দেখা চলিবে। অবশ্য, চোখ ঐ বস্তু সরাইয়া উঠিলে দর্পণের কার্যকর অংশেও পরিবর্তন হইবে।

2-14. দুই দর্পণে পর পর প্রতিফলন (Multiple reflection at two mirrors):

(ক) দুইটি সমান্তরাল দর্পণ (Two parallel mirrors):

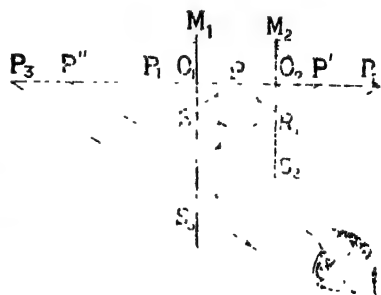
দুইটি দর্পণকে সমান্তরাল রাখিয়া উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে দাড়াইয়া যেকোন একটি দর্পণের দিকে তাকাইলে মুখের অসংখ্য প্রতিবিম্ব দেখা যায়, তাহা বোধ হয় তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে। কিরূপে এই অসংখ্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় নিম্নে তাহা বুঝান হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরালভাবে বঙ্কিত সমতল দর্পণ এবং P উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে একটি আলোক বিন্দু। P বিন্দু হইতে M_1 , M_2 দর্পণদ্বয়ের উপর লম্ব টানা হইল এবং উহাকে দুই পাশে বর্ধিত করা হইল। এই লম্ব M_1 ও M_2 দর্পণকে যথাক্রমে O_1 এবং O_2 বিন্দুতে ছেদ করিল (২য় নং চিত্র)। প্রথমে M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। উক্ত লম্বের উপর P_1 এমন একটি বিন্দু লওয়া যাহাতে $O_1P_1 = O_1P$ । এখন P বিন্দু হইতে

আলোকগুচ্ছ M_1 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া মনে হইবে যেন P_1 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে।

এইভাবে P_1 বিন্দু M_2 দর্পণকর্তৃক সৃষ্ট P বিন্দুর অসদ্বিশ্ব। কিছু বর্ধিত যেন S_1S_2 , বিপরীত দর্পণ M_2 কর্তৃক পুনরায় প্রতিফলিত হইবে

এবং যদি P_2 এমন বিন্দু লওয়া হয় যাহাতে $O_2P_1 = O_2P_2$ তবে



সমান্তরাল দর্পণদ্বয় কর্তৃক বহু প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র ২৭

মনে হইবে যেন ইহা বা P_2 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে, অর্থাৎ M_2 দর্পণ P_1 বিন্দুর অসদ্বিশ্ব P_2 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে। যেহেতু P_2 বিন্দু আবার M_1 দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত সেইহেতু সিক একইভাবে M_1 দর্পণ P_2 বিন্দুর অসদ্বিশ্ব P_3 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে। এক্ষেত্রে P_3 বিন্দু এমন হইবে যে $O_1P_3 = O_1P_2$ । এইরূপে ক্রমাগত প্রতিফলনের ফলে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি প্রতিবিম্বগুলি সৃষ্টি হইবে।

এইভাবে M_2 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। M_2 দর্পণ ও M_1 দর্পণের দ্বারা প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। ইহা প্রথম প্রতিবিম্ব P' বিন্দু হইবে।

$O_2P = O_2P'$. P' বিন্দু এবার M_1 দর্পণের সম্মুখে থাকায় P'' বিন্দুতে ইহার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইবে এবং $O_1P' = O_1P''$, ইত্যাদি। এইভাবে P' , P'' , P''' প্রভৃতি বহু প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইবে।

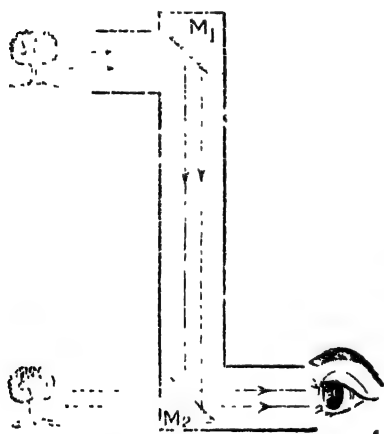
সুতরাং সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক-বিন্দুর অঙ্কের হিসাবে অসংখ্য (infinite) প্রতিবিম্ব থাকিবে কিন্তু প্রত্যেক প্রতিফলনে দর্পণদ্বয় কিছু আলো শোষণ করে বলিয়া কায়ত কিছু সংখ্যক প্রতিবিম্বের পর ইহা অস্পষ্ট হইয়া পড়ে এবং আর দেখা যায় না।

সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

(১) সরল পেরিস্কোপ। Simple periscope) :

উপরোক্ত সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের নীতি অবলম্বন করিয়া সরল পেরিস্কোপ তৈরী করা হয়। ২নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ সমান্তরালভাবে একটি কাঠের ফ্রেমে বা খাতের নলে আটকানো। দর্পণদ্বয়কে সমান্তরাল রাখিয়া আঁদক-প্রদিক



সরল পেরিস্কোপ

চিত্র ২নং

ঘূরাইবার ব্যবস্থা আছে। ফ্রেমটিকে খাচা অবস্থার রাখিয়া নীচের দর্পণের দিকে তাকাইলে বহুদূরের জিনিস দেখা যাউবে। সাধারণত কোন দূরের জিনিস মোজাহাজি দেখিতে বাধা থাকিলে এই যন্ত্রের সাহায্যে তাহা দেখা যায়। দুবাগত আলোকরশ্মি M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া নলের অক্ষ (axis) বরাবর আসিয়া M_2 দর্পণে পড়িবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া অভূমিকভাবে মস্তকের চোখে পৌছাইবে। সুতরাং দূরের জিনিস

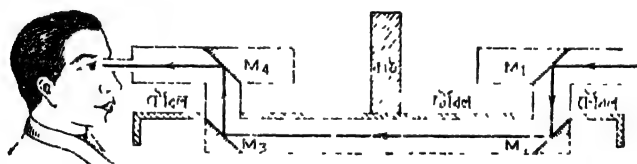
মোজাহাজি না দেখিতে পাইলেও এইভাবে দেখা যাউবে।

গভীর মাঠে বহু লোক এই যন্ত্রের গোপনস্থাপন করিয়া ভীড়ের উপর দিয়া গোলা দেখে। যুদ্ধের সময় পবিখান ভিঃএ লুকাইয়া বিপক্ষ সৈন্যদের কার্যকলাপ এই পেরিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। ডুবোজাহাজে ইহা অপেক্ষা উন্নত যন্ত্রের পেরিস্কোপ ব্যবহৃত হয়।

(ii) মজার খেলা ; কাঠের ভিতর দিয়া দেখা :

সমান্তরাল দর্পণ দিয়া তোমরা একটি মজার খেলা করিতে পার। নীচে এই খেলার আবশ্যকীয় ব্যবস্থা বর্ণনা করা হইল [2ন (i) নং চিত্র]।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণ—আবাব M_3 এবং M_4 আর দুইটি সমান্তরাল দর্পণ। M_1 এবং M_4 একটি টেবিলের উপরে বস্কিত এবং M_3 এবং M_2 টেবিলের নীচে আটকানো। টেবিলের উপর দুইটি ছিদ্র থাকিবে যাহাতে M_1 দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত বস্তু ছিদ্রপথে M_2 দর্পণে পড়িতে পাবে এবং M_3 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত বস্তু দ্বিতীয় ছিদ্রপথে M_4 দর্পণে পড়িবে। M_1 এবং M_4 দর্পণদ্বয়কে দুইটি নলের মধ্যে বসাইয়া একটি সবল বেগায় রাখিতে পারিলে আবার ভাল হয়। M_1 এবং M_4 দর্পণ দুইটির মাঝখানে একখান কাঠ বা কোন অসচ্ছ বস্তু রাখ। M_4 দর্পণের পিছনে চোখ রাখিলে কাঠের অপরপাশে অবস্থিত বস্তু দেখা যাইবে। যে-ব্যক্তি টেবিলের অপর দর্পণদ্বয়ের অবস্থান সম্বন্ধে কিছু জানে না তাহাও মনে হইবে কাঠের ভিতর দিয়া জিনিস দেখিতেছে। কিন্তু আসল ব্যাপার কি হইতেছে ? দেখে কোন জিনিস হইতে



কাঠের ভিতর দিয়া দেখা

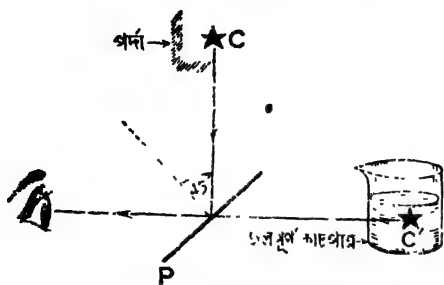
চিত্র 2ন (i)

আলোকবস্তু M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া টেবিলের ছিদ্র দিয়া M_2 দর্পণে পড়িতেছে। ঐ বস্তু টেবিলের সমান্তরালভাবে গিয়া M_3 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় ছিদ্র দিয়া M_4 দর্পণে পড়িতেছে এবং শেষে দর্পণের চোখে পৌছাইতেছে।

(iii) জলের মধ্যে মোমবাতি জলা (Candle burning in water) :

এই মজার খেলাটি দেখাইতে হইলে একটি পরিষ্কার কাচের পেট এবং জলপূর্ণ একটি কাচের পাত্র লইতে হইবে।

P হইল কাচের প্লেট। ইতাকে এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে একটি জলন্ত মোম-বাতি C হইতে আলোকরশ্মি উঠার উপরে 45° কোণে আপতিত হয় [2নং (ii) চিত্র]।



জলের মধ্যে মোমবাতি জলা

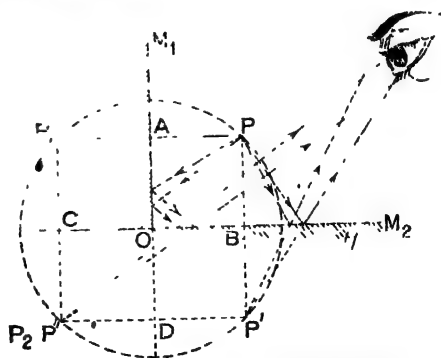
চিত্র 2নং (ii)

তাহানে একটি জলপূর্ণ কাচগ্লাস রাখিয়া দিলে কাচের প্লেটের ভিতর দিয়া রশ্মিটিকে ও দেখা যাইবে এবং দর্শক মনে করিবে যেন জলের ভিতর মোমবাতি জলিতেছে। পেলাটিকে চিত্রাকবক করিতে হইলে C মোমবাতিটিকে একটি জ্বলন্ত পদা দ্বারা এমনভাবে ঢাকিতে হইবে যেন মোমবাতি হইতে সরাসরি আলোকরশ্মি মাত্রের চোখে না পৌঁছায় কিন্তু P-প্লেটের উপর যেন পড়িতে পারে। তলে দর্শক মোমবাতিটিকে দেখিবে না কিন্তু জলের ভিতর উহা প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(খ) সমকোণে স্থানত দুইটি দর্পণ (Two mirrors at right angles to each other):

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত লম্বভাবে রাখিত অর্থাৎ $\angle M_1OM_2$ একটি সমকোণ। P একটি আলোক-বিন্দু (2প নং চিত্র)।

M_1O দর্পণের উপর PAP_1 লম্ব টানিয়া যদি $P_1A = PA$ করা হয় তবে P_1 হবে M_1O দর্পণকর্তক P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O



সমকোণে স্থানত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গমন
চিত্র 2প

P_1 -হবে M_1O দর্পণকর্তক P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O

দর্পণের সম্মুখে পড়াতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে। এই প্রতিবিম্বের অবস্থান পাইতে গেলে M_2O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর PCP_2 লম্ব টান যাহাতে $P_1C = P_2C$ হয়। তাহা হইলে P_2 বিন্দু হইবে P_1 বিন্দুর প্রতিবিম্ব। চোখকে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে আলোক-বশির কিক্রপ প্রতিফলন হওয়া প্রয়োজন তাহা ২প নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে, এখন P_2 বিন্দু উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে ইহার আন কোন প্রতিবিম্ব হইবে না।

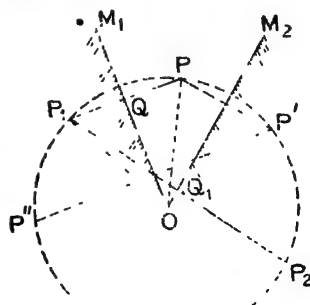
কিন্তু P বিন্দু OM_2 দর্পণের সম্মুখে বলিয়া P বিন্দুতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে এবং $PB = BP'$ । আবার P' বিন্দু M_1O দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহারও একটি বিম্ব সৃষ্টি হইবে। এই বিম্বের অবস্থিতি নির্ণয় করিতে গেলে M_1O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর $P'D$ লম্ব টান এবং $P'D$ -এর সমান করিয়া $P''D$ পর্যন্ত উহাকে প্রসারিত কর। P'' হইবে P' বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এবার ইহা উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে উহার আন কোন বিম্ব হইবে না। সর্বল জ্যামিতির দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে P_2 ও P'' বিন্দুদ্বয় একই।

সুতরাং সমকোণে এক্ষিত দর্পণদ্বয়ের মধ্য অবস্থিত P বিন্দুর তিনটি প্রতিবিম্ব (P_1 , P' এবং P_2 অথবা P'') পাওয়া যাইবে। এত প্রতিবিম্বগুলি মূল বিন্দু সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইবে O বিন্দু এবং ব্যাসার্ধ হইবে OP ।

(গ) যে-কোন কোণে অদ্বিষ্ট দুইটি দর্পণ (Two mirrors inclined at any angle):

M_1 এবং M_2 দুইটি দর্পণ M_1OM_2 কোণে অবস্থিত। P উহাদের মধ্য অবস্থিত একটি আলোকবিন্দু (২ক নং চিত্র)।

P বিন্দু হইতে M_1O রেখার উপর PQ লম্ব টান এবং উহাকে P_1 পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে $PQ = P_1Q$ হয়। অতএব P_1 হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি প্রতিবিম্ব P_2 সৃষ্টি করিবে যদি $P_1Q_1P_2$ রেখা M_2O রেখার উপর লম্ব হয় এবং $F_1Q_1 = P_2Q_1$



যে কোন কোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র ২ক

হয়। এইভাবে ঘটকণ না প্রতিবিম্ব উভয় দর্পণের পিছনে পড়ে ততক্ষণ বার বার প্রতিফলনের জন্য প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।

আবার M_2O দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিফলন বিবেচনা করিলে উপরোক্তভাবে P', P'' প্রভৃতি প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।

এইবার, POQ এবং P_1OQ ত্রিভুজ দুইটি লও।

$$PQ = P_1Q$$

$$\angle OQP = \angle OQP_1 \text{ প্রত্যেকে } 1 \text{ সমকোণ}]$$

QO সাধারণ বাহু।

সুতরাং, ত্রিভুজদ্বয় সমান। কাজেই $PO = P_1O$

ঠিক একে ভাবে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে $P_1O = P_2O = P'O = P''O$ ইত্যাদি।

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বগুলি মূলবিন্দু P -সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইল O বিন্দু ও ব্যাসার্ধ হইল OP ।

যদি $\angle M_1OM_2 = \theta$ হয়, তবে প্রমাণ করা যায় প্রতিবিম্বের সংখ্যা

$$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1 \right) \text{ অর্থাৎ, যদি } \theta \text{ বা } \theta' \text{ যার দ্বারা } 60^\circ \text{ কোণ কল্পিয়া}$$

অংশান করিতেছে তবে উহাদের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক-বিন্দুর

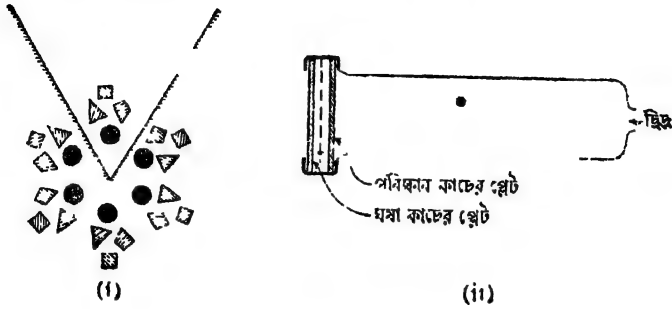
$$\text{প্রতিবিম্বের সংখ্যা } n = \left(\frac{360}{60} - 1 \right) = 5$$

কার্যকর প্রয়োগঃ

ক্যালিডোস্কোপ (The kaleidoscope): ইহা ছোট ছেলেমেয়েদের একটি খেলনা। যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ বেভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি কবে সেই নীতিতে এই যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে।

একটি নলের ভিতর তিনখণ্ড সমান দর্পণের পাত পরস্পরব সম্বন্ধে 60° কোণ করিয়া বসানো। নলের একপ্রান্ত একখানি শক্ত কার্ডবোর্ডের টুকরা দ্বারা বন্ধ করা এবং উহাব মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। নলের অপর প্রান্ত একখানি ঘষা কাচ দ্বারা বন্ধ করা থাকে। এই ঘষা কাচের উপর এবং দর্পণ ত্রিভুজের ভিতর কয়েক টুকরা বিভিন্ন রং-এর কাচখণ্ড রাখা হয় এবং তারপর একখানি পরিষ্কার কাচের প্লেট রাখা হয় [2 ভ (ii) নং চিত্র]। যখন কোন ব্যক্তি কার্ডবোর্ডের ছিদ্র দিয়া তাকায় তখন সে দর্পণগুলি কর্তৃক বিভিন্ন রংয়ের

চাঁচের টুকরার প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়। প্রত্যেক জোড়া দর্পণ 60° কোণে অবস্থিত বলিয়া পাঁচটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং সব প্রতিবিম্ব মিলিয়া



চিত্র ২৫

একটি সুন্দর নকশা (pattern) তৈরী হয়। উভয়ে [২৩ (১) ও (২)]। ২০-টি আংশে আঁত্রে ঘূর্ণিতলে কাঁচখণ্ডগুলির অবস্থানের মধ্যে আংশে প্রতিফলিত হবে এবং তাইব ফলে নতুন নতুন নকশা দেখা যাবে।

2-15. ঘূর্ণমান দর্পণ (Rotating mirror):

আপতিত বস্তুব কোন দিক পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণে ঘূর্ণিতলে প্রতিফলিত বস্তু 2θ কোণ ঘূর্ণবে। তাইই হইল নবানন দর্পণের নীতি।

ধরা যাউক, MM, হইল দর্পণের প্রথম অবস্থান (এমনকি)। AO আপতিত রশ্মি ও OB প্রতিফলিত বস্তু। ON হইল আপতন বিন্দু O হইতে MM রেখার উপর অভিলম্ব।

এখানে $\angle AON = \angle BON$

(প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী)।

ধরা যাউক, উভয়েই α .

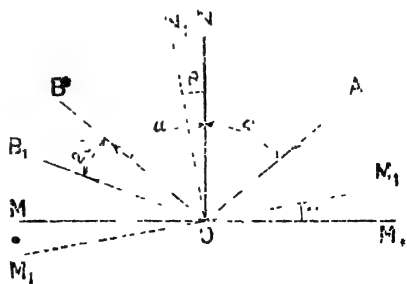
সুতরাং $\angle AOB = 2\alpha$.

এবার দর্পণ θ কোণ

ঘূর্ণিয়া M_1M_1 রেখায়

অবস্থান করিল। সুতরাং

অভিলম্ব θ কোণ ঘূর্ণবে। ধর, অভিলম্ব ON_1 রেখায় অবস্থান করিল।



চিত্র ২৬

এই অবস্থাতে ধরা যাউক, OB_1 প্রতিকলিত রশ্মি। সুতরাং প্রতিকলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল তাহা হইল $\angle BOB_1$ । প্রতিকলনের সূত্রানুযায়ী,

$$\angle AON_1 = \angle B_1ON_1$$

$$\text{কিন্তু } \angle AON_1 = \alpha + \theta$$

$$\therefore \angle AOB_1 = 2(\alpha + \theta)$$

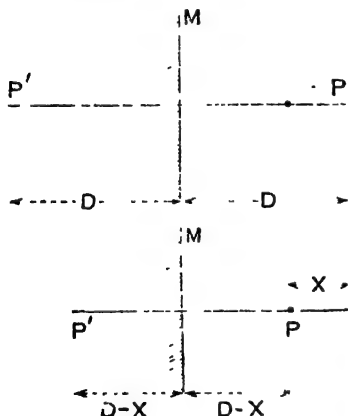
$$\therefore \angle BOB_1 = \angle AOB_1 - \angle AOB = 2(\alpha + \theta) - 2\alpha = 2\theta$$

সুতরাং প্রতিকলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল ($\angle BOB_1$) তাহা 2θ ।

2-16. সমতল দর্পণ-সংক্রান্ত কয়েকটি সম্প্রদায় :

(1) যদি কোন বস্তু দর্পণের দিকে অথবা দর্পণ হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরে সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু দর্পণ M হইতে D দূরে অবস্থিত (এমন চিত্র)। উহার প্রতিবিম্ব P বিন্দুও দর্পণ হইতে D দূরে থাকিবে। এখন P বিন্দু যদি দর্পণের দিকে X সরিয়া আসে তবে উহার বর্তমান দূরত্ব হইবে (D - X)।



চিত্র 2য়

সুতরাং উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বও হইবে (D - X)। পূর্বে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ছিল D. অতএব প্রতিবিম্ব দর্পণের দিকে $D - (D - X)$ অর্থাৎ X সরিয়া গেল।

(2) যদি দর্পণ কোন বস্তুর দিকে অথবা বস্তু হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে বস্তুর প্রতিবিম্ব অনুরূপভাবে উহার দ্বিগুণ সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু M দর্পণ হইতে D দূরে অবস্থিত। উহার প্রতিবিম্ব P' বিন্দুও দর্পণের পশ্চাতে D দূরে থাকিবে [পূর্ব পৃষ্ঠায় 2য় (i) নং চিত্র]।

এখন যদি দর্পণ P বিন্দুর দিকে X সরিয়া যায় তবে P বিন্দুর বর্তমান দূরত্ব $= D - X$ [পূর্ব পৃষ্ঠায় 2য় (ii) নং চিত্র]।

হুতরাং প্রতিবিম্ব P' দর্পণের পশ্চাতে $(D - X)$ দূরে থাকিবে।

পূর্বে বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর

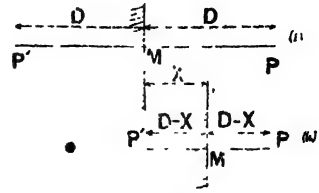
$$\text{দূরত্ব} = 2D.$$

এখন বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর

দূরত্ব $= 2(D - X)$ । যেহেতু বস্তু স্থির

কাজেই প্রতিবিম্বের সরণ

$$= 2D - 2(D - X) = 2X.$$



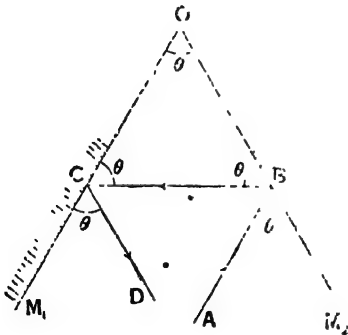
চিত্র ২৭

অতএব, দর্পণ বস্তুর দিকে X সরিলে বস্তুর প্রতিবিম্ব $2X$ সরিবে।

(3) দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের ভিতর একটি নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান করে। একটি রশ্মি প্রথম দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া দ্বিতীয় দর্পণে পড়িল এবং প্রতিফলিত হইয়া প্রথম দর্পণে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় দর্পণের সমান্তরাল ভাবে বাহির হইল। দর্পণ দুইটির ভিতরে কোণ নির্ণয় কর।

ধবা বাউক, M_1 ও M_2 দর্পণ দুইটি পরস্পরের ভিতর M_1OM_2 কোণ করিয়া আছে। AB একটি রশ্মি M_1 -দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া M_2 দর্পণে B বিন্দুতে আপতিত হইল। ঐ রশ্মি BC পথে প্রতিফলিত

হইয়া M_1 দর্পণে পড়িল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া M_2 দর্পণের সমান্তরালভাবে CD পথে নিগত হইল (2ল নং চিত্র)।



যেহেতু AB এবং M_1O সমান্তরাল এবং OM_2 উহাদের ছেদ করে, সেইহেতু $\angle ABM_2 = \angle M_1OM_2 = \theta$ (ধর)।

আবার, CD এবং M_2O

চিত্র 2ল

সমান্তরাল এবং M_1O উহাদের

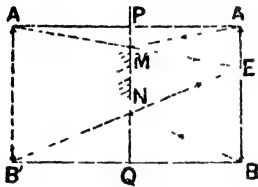
ছেদ করে বলিয়া $\angle M_1CD = \angle M_1OM_2 = \theta$.

আবার, AB আপতিত রশ্মি ও BC প্রতিফলিত রশ্মি হওয়াতে $\angle ABM_2 = \angle CBO = \theta$, একই কারণে $\angle M_1CD = \angle BCO = \theta$.

অর্থাৎ, $\triangle OBC$ -তে তিনটি কোণ পরস্পরের সমান। কাজেই $\angle M_1OM_2 = 60^\circ$ ।

(4) প্রমাণ কর যে নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

পৰ, AB মানুষের দৈর্ঘ্য এবং E তাহার চক্ষু (2শ নং চিত্র)। PQ মানুষের সম্মুখে অবস্থিত দর্পণ। A হইতে PQ রেখার উপর লম্ব টানিয়া



চিত্র 2শ

উহাকে A' পর্যন্ত বর্ধিত কব যাহাতে $AP = A'P$ হয়। সুতরাং A' হইবে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব। A' ও E যোগ কর এবং মনে কর উহা দর্পণকে M বিন্দুতে ছেদ কবিল। বস্তু A হইতে নির্গত হইয়া দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে মনে হইবে

A বিন্দু A' বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে। অর্থাৎ দর্পণ M বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলেই A' প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। তেমনি সর্বান্ন বিন্দু Bকে দেখিতে হইলে দর্পণ N বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া দরকার। সুতরাং নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে MN দৈর্ঘ্যের দর্পণ প্রয়োজন।

$AA'E$ ত্রিভুজে P বিন্দু AA' রেখার মধ্যবিন্দু হওয়াতে এবং PM বেখা AE বেখার সমান্তরাল বলিয়া M বিন্দু $A'E$ বেখার মধ্যবিন্দু।

অনুরূপ ভাবে N বিন্দু $B'E$ রেখার মধ্য-বিন্দু প্রমাণ করা যায়। সুতরাং $EA'B'$ ত্রিভুজেব দুই বাহুর মধ্যবিন্দু M ও N হওয়াতে MN রেখা $A'B'$ বেখার অর্ধেক। অর্থাৎ, দর্পণের কার্যকর অংশ (MN) মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হওয়া প্রয়োজন।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে, দর্পণের সম্মুখে মানুষ কোথায় দাঁড়াইবে এ প্রশ্ন এখানে উঠে না। অর্থাৎ মানুষ দর্পণের সম্মুখে যেখানেই দাঁড়াইবে সেখান হইতে সে উক্ত দৈর্ঘ্যের দর্পণের মধ্য দিয়া নিজ আকৃতির পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(5) একটি ঘরের দেওয়ালে একখানি দর্পণ টাঙ্গানো আছে এবং ঘরের মধ্যস্থলে একজন লোক দাঁড়াইয়া আছে। দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে লোকটি তাহার পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

ধর, AB এবং CD দুই দেওয়াল এবং ঘরের মাঝখানে
কণ্ডারমান EF দুই লোকটি। E লোকটির চক্ষু (চিত্র 2ঘ)। AC
দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া CA' টান। A' C A
এবং BD দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া
DB' টান। স্পষ্টতঃ A'B' হইবে

AB দেওয়ালের প্রতিবিম্ব।

দর্শকে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে

হইলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত B' D F

হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

চিত্র 2ঘ

A' এবং B' এর সাহায্যে E যুক্ত কর এবং মনে কর উহারা CD দেওয়ালের
M এবং N বিন্দুতে ছেদ করিল। MN হইবে দর্পণের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য ;
কারণ A বিন্দু হইতে আলোক-রশ্মি M বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে
পৌছাইলে চোখ A' প্রতিবিম্ব দেখিবে। আবার, B বিন্দু হইতে অল্পরূপভাবে
আলোক-রশ্মি N বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে চোখ B'
প্রতিবিম্ব দেখিবে। সুতরাং দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN হইলে চোখ পণ
প্রতিবিম্ব A'B' দেখিতে পাইবে।

এখন, $FD = FB$ এবং $B'D = DB$

$$\therefore DF = \frac{1}{2} BF$$

যেহেতু, DN এবং FE সমান্তরাল এবং $DF = \frac{1}{2} BF$

$$\text{কাছেই, } NE = \frac{1}{2} B'E$$

$$\text{একই কারণে, } ME = \frac{1}{2} A'E$$

এখন, A'EB' এবং MNE ত্রিভুজ দুটি সদৃশ।

$$\text{অতএব } \frac{MN}{A'B'} = \frac{ME}{A'E} = \frac{NE}{B'E} = \frac{1}{2}$$

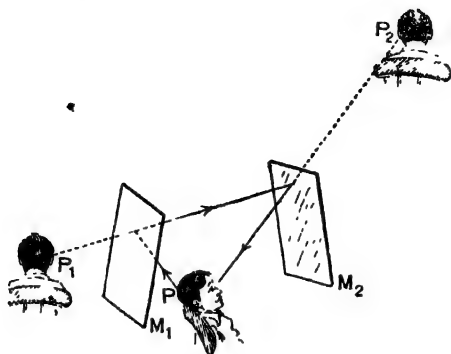
$$\therefore MN = \frac{1}{2} A'B' = \frac{1}{2} AB.$$

অর্থাৎ দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য = $\frac{1}{2} \times$ দেওয়ালের উচ্চতা।

(6) দুইটি দর্পণের সাহায্যে মাথার পশ্চাদ্ভাগ দেখা :

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সমান্তরাল একটি আলো ভাবে
বাখিয়া উহাদের মধ্যে দর্শক অবস্থান করিলে দর্শক তাহা মাথার পশ্চাদ্ভাগ
দেখিতে পাইবে। এক্ষেত্রে M_1 দর্পণ দর্শকের মাথার পশ্চাদ্ভাগের প্রতিবিম্ব

P_1 গঠন করিবে এবং তাহার আবার আর একটি প্রতিবিম্ব P_2 গঠন করিবে M_2 দর্পণ। দর্শক M_2 দর্পণে ঐ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে (2স নং চিত্র)।



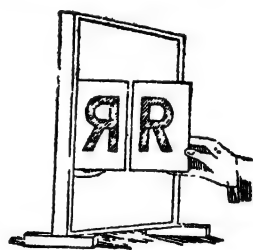
চিত্র 2স

সেলুনে চুল কাটিবার সময় সামনে-পিছনে দুইটি আয়না বাখিয়া মাপাব পশ্চাদ্ভাগ দেখানো হয়, ইহা হয়ত তোমরা লক্ষ্য করিয়াছ।

*2-17. পার্শ্বীয় পরিবর্তন (Lateral inversion) :

আয়নার সামনে দাঁড়াইলে আমাদের বাম হাত ডান হাত বলিয়া এবং ডান হাত বাম হাত বলিয়া মনে হয়। একটি কাগজে 'R' কথাটি লিখিয়া আয়নার সামনে ধর (2হ নং চিত্র)। দেখিবে প্রতিবিম্ব উল্টাইয়া গিয়াছে। প্রতিবিম্বে এই পরিবর্তনকে পার্শ্বীয় পরিবর্তন বলা হয়। প্রতিসম (symmetrical) বস্তুর প্রতিবিম্বে এইভাবে কোন পরিবর্তন দেখা যায় না।

পার্শ্বীয় পরিবর্তনের কারণ এই যে, আয়না হইতে বস্তু দূরত উঠাব প্রতিবিম্বের দূরত্ব সমান। প্রতিবিম্বের পার্শ্ব পরিবর্তন হইলেও প্রতিবিম্বের আকার একই থাকে।



প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন
চিত্র 2হ

কাগজে কিছু লিখিয়া ব্লটিং কাগজে চাপিলে ব্লটিং কাগজে উল্টা ছাপ পড়ে। এইবার ব্লটিং কাগজকে আয়নার সম্মুখে ধরিলে উল্টা লেখা পার্শ্বীয় পরিবর্তনের ফলে সোজা দেখা যাইবে।

সারসংক্ষেপ

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিত্তর দিয়া সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলে। কিন্তু অল্প কোন মাধ্যমে আপতিত হইলে আলোর কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়। আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার : (1) নিয়মিত প্রতিফলন ও (2) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন।

নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র :

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এক সমতলে অবস্থান করে।

(2) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে।

প্রতিবিশ্ব : যখন কোন বিন্দুপ্লেভ হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিফলিত হইয়া অল্প কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অল্প কোন বিন্দু হইতে অপস্থত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুপ্লেভের প্রতিবিশ্ব বলা হয়।

প্রতিবিশ্ব দুই প্রকার : (1) সদবিশ্ব ও (2) অসদবিশ্ব।

সমতল দর্পণ সে-প্রতিবিশ্ব সৃষ্টি করে তাহা নিম্নলিখিত ধর্ম স্তম্ভমান :

(1) দর্পণ হইতে বস্তু দূরত্ব—দর্পণ হইতে প্রতিবিশ্বের দূরত্ব।

(2) প্রতিবিশ্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা যোগ করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(3) প্রতিবিশ্ব অসদ।

ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি :

আপতিত রশ্মি কোন পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণ ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণে ঘুরিবে।

প্রশ্নাবলী

1. আলোক প্রতিফলন কাকে বলে? প্রতিফলনের সূত্র কি? ঐ সূত্রগুলির সত্যতা প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[What is reflection of light? What are the laws of reflection? How would you verify the laws?] [Cf. H. S. Exam. 1962, P. U 1962]

2. প্রতিফলন সূত্রসমূহের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে? সমতল দর্পণ প্রতিবিশ্ব দূরত্ব ও বস্তু দূরত্ব সমান হয় ঠিক প্রমাণ করিবার জন্য একটি উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

সমতল দর্পণে একটি আলোক বস্তু 60° কোণে আপতিত হইলে প্রতিফলনের পব বস্তুই চ্যুতি কত হইবে? নব্বাব সাহায়ে বাখা কব।

[How would you experimentally verify the laws of reflection? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by a diagram.] [H. S. Exam. 1961]

৪. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) আয়নায আলো পড়িলে চকচকে দেখায় কিন্তু দেওয়ালে আলো পড়িলে চকচকে দেখায় না। কেন?

(খ) দর্পণের পশ্চাদভাগে অস্বচ্ছ পাবন-প্রলেপ দেওয়া থাকে কেন?

(গ) ক্যামেরা, দূরবীণ প্রভৃতি যন্ত্রে অভ্যন্তরীণ ক্রয়বর্ণ করা হয় কেন?

(ঘ) সিনেমার পর্দা সাদা এবং সমতল করা হয় কেন?

(ঙ) উষা এবং গোখুলিতে আকাশের রং লাল হয় কেন?

(চ) ঘষা পাচ জলে ভিজাইলে লোয় স্বচ্ছ দেখায় কেন?

(জ) কোন দর্পণ ঠিক সমতল কিনা কি পরীক্ষা করাবে?

[Answer the following questions correctly :—

(a) A mirror appears shining when light falls on it but a wall does not. Why?

(b) Why is a mirror given an opaque coating of mercury at its back?

(c) Why are the interiors of instruments like camera, telescope etc. painted black?

(d) Why is the projection screen in a cinema made of rough and white material? [H. S. Exam. 1963]

(e) Why does the sky look red at dawn and twilight?

(f) Why does a sheet of ground-glass become almost transparent when wet?

(g) How would you test the planeness of a mirror?

৪. (ক) সমতল দর্পণ (খ) বায়ুপূর্ণ দেওয়াল এবং (গ) পলিষ্টাইল কাচের দ্বারা কর্তৃত্ব প্রতিফলনের ভিত্তি পাথক্য কি?

[What differences are there in the reflection of light from (a) plane mirror (b) the wall of a room and (c) a white sheet of glass?]

৫. প্রতিবিম্ব বলিতে কি বোঝ? কমপ্রেক্স প্রতিবিম্ব আছে? উহাদের ভিত্তি পাথক্য কি?

[What do you mean by an image? How many kinds of images are there? What is the difference between them?]

৬. আলোক বস্তুর প্রতিফলনের ক্ষেত্রে বল, কোন বিন্দুপ্রভব হইতে নির্গত আলোক-বস্তু সমতল দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি বিন্দু হইতে অগম্যত হয় তাহা দেখাও। ঐ বিন্দুকে কি বলে? উহাব অবস্থান কোথায়? উহাব প্রকৃতি কিরূপ?

[State the laws of reflection of light. Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed, after reflection, as though they diverge from a single point. What is that point called? What is its position? And nature?] [H. S. Exam. 1960]

7. ছবি আঁকিয়া বুঝাও যে সমতল দর্পণ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রমাণ কর যে দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব বস্তুর দূরত্বের সমান।

[Explain, by a diagram, how a plane mirror produces an image. Prove that the distance of the image from the plane mirror is equal to that of the object.]

8. সমতল দর্পণ, বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিলে ঐ প্রতিবিম্ব কোথায় অবস্থিত হইবে? প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী একটি ছবি আঁকিয়া বুঝাও যে তুমি যে অবস্থানে কণা বলিষাচ প্রতিবিম্ব ঐ অবস্থানে আছে।

তোমার উক্তিটি পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[State the position of an image of an object formed by a plane mirror. Draw a diagram, based on the laws of reflection, which will show that the image has the position you have stated.

How would you verify your statement by experiment?]

9. দুইটি দর্পণ সমান্তরাল থাকিলে এবং সমকোণে থাকিলে উভয় দিকের প্রতিবিম্বের সৃষ্টি করে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও।

[Explain, by diagrams, how two plane mirror inclined at right angles and parallel to each other, produce images of an object] [cf H S (comp) 1961]

10 (a) M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে P একটি বিন্দু আছে। M_1 দর্পণ হইতে উহার দূরত্ব 4 cm এবং M_2 দর্পণের ভিতর দিয়া দৃষ্ট দ্বিতীয় প্রতিবিম্ব M_1 দর্পণ হইতে 12 cm দূরে অবস্থিত। দর্পণ দুইটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object P is placed between two parallel mirrors M_1 and M_2 . The distance of P from M_1 is 4 cm and the distance of the second image seen through M_2 is 22 cm. from M_1 . Find the distance between M_1 and M_2 .]

[Ans 9 cm.]

(b) A এবং B দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে একটি বিন্দু বস্তু রাখা আছে। দর্পণদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব 8 inches এবং বস্তুবিন্দু একটি দর্পণ হইতে 2 inches দূরে। A দর্পণের প্রথম প্রতিবিম্ব এবং B দর্পণের পঞ্চাশে তৃতীয় প্রত্যক্ষ ছবিটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A point object is placed between two plane parallel mirrors A and B, which are 8 inches apart. The point object is 2 inches from one of the mirrors. Find the distance between the third image behind A and the third image behind B.] [Ans. 82 inches]

11. প্রমাণ কর যে সমতল দর্পণ যে-কোণে আবর্তিত হয়, প্রতিফলিত সূর্য্য উদয় দিকের কোণে আবর্তিত হয়।

[When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much.]

[*II. S. Exam. 1960; (comp) 1962, '63, P. U. 1962*]

12. দুইটি দর্পণ সমকোণে স্থানান্তরিত আছে। একটি বস্তু পর্ব পর্ব দর্পণ দুইটি দ্বারা প্রতিফলিত হইল। প্রমাণ কর যে মূল বস্তু ও শেষ প্রতিফলিত বস্তু পরস্পর সমান্তরাল।

[A ray of light is reflected successively from two plane mirrors inclined at right angles to each other. Prove that the ray after second reflection is parallel to its original direction.]

13. নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণ কোন ব্যক্তি তার নিজ পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়, উহা ছবি আঁকিয়া প্রমাণ কর।

[Prove by means of a diagram, that a person can see his full image through a plane mirror whose height is half the height of the person]

[cf. *II. S. (comp) 1960, '61, II. S. Exam. 1962*]

14. একটি বন্দে ঘরগায়ে এক লাক্ষি ঝুংগান। ঐ ব্যক্তির সম্মুখের দেওয়ালের একটি অংশটা টাঙানো আছে। অংশটার দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ ব্যক্তি অংশটির পিছনে দিয়া গঠনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে? দেওয়ালের উচ্চতা 15 ft.

[A man is standing at the middle of a room and a plane mirror is hanging on the wall in front. What is the minimum size of the mirror through which the person will see full image of the wall behind him, the wall being 15 ft high?]

[cf. *II. S. Exam 1964*] [Ans 6 ft.]

15 MN একখানি সমতল দর্পণ। AB এবং BC দর্পণের উপর আপতিত ও উৎসর্গ প্রতিফলিত রশ্মি। D দর্পণের উপর যেকোন বিন্দু। প্রমাণ কর যে, $AB + BC < AD + DC$

[MN is a plane mirror AB and BC are the incident and reflected rays. D is any point on the mirror. Prove that $AB + BC < AD + DC$.]

16 (i) কোন ব্যক্তি দর্পণের অভিমুখে 5 ft/sec গতিবেগে দৌড়াইলে সে ও তার নিজ প্রতিবিম্বের ভিতরকার দূরত্ব কত বেগে কমিবে?

[A man is running toward a plane mirror with a velocity of 5 ft/sec At what rate will he approach his image?] [*II. S. (comp) 1960*]

[Ans. 10 ft/sec]

(ii) কোন দর্পণ যদি কোন বস্তুর দিকে 2 ft/sec বেগে অগ্রসর হয় তবে প্রমাণ কর যে বস্তু প্রতিবিম্ব বস্তুর দিকে 4 ft/sec বেগে অগ্রসর হইবে।

[A plane mirror is moving towards an object at a rate of 2 ft/sec Prove that the image is approaching the object at a rate of 4 ft/sec.]

(iii) দুইটি সমতল দর্পণের সাহায্যে তুমি কিরূপে তোমার মাথা পশ্চাদ্ভাগ দেখিতে পাবে?

[How can you place two plane mirrors so that you can see the back of your head?]

[*II. S. (comp) 1963.*]

17. সমতল দর্পণে প্রতিফলনের পৰ যে প্রতিবিম্ব হয় তাহাৰ 'পার্শ্বীয় পৰিবৰ্তন' ঘটে— ইহাৰ ব্যাখ্যা কৰ।

[The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be 'laterally inverted'. Explain this.] [H. S. (comp) 1960]

18. পৰিস্কাৰ ছবি আঁকিয়া একটি পেরিস্কোপের কাৰ্যপ্রণালী বৰ্ণনা দাও। ইহা কি কাজে ব্যৱহৃত হয়?

[Explain, with a diagram, the action of a periscope. For what purpose is it used?] [H. S. Exam., 1962, '64]

19. দর্পণেৰ সম্মুখে অবস্থিত কোন বস্তু যদি স্থান পৰিবৰ্তন কৰে তেনে উভয় প্রতিবিম্বও অঙ্কপভাৱে সমান দূৰত্ব সন্নিবিষ্ট হৈব। প্রমাণ কৰ।

'ক্যালিডোস্কোপ' সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ।

[Prove that when an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance

Write a brief note on 'Kaleidoscope'.] [H. S. (comp) 1962]

20. সমতল দর্পণ কৃত্তক একটি বিস্তৃত বস্তুৰ প্রতিবিম্ব কাম লক্ষ্য কৰিবলৈ। প্রতিবিম্ব দেখিবলৈ জ্ঞাতক দর্পণৰ প্ৰতিপুৰি দৈৰ্ঘ্য প্ৰয়োজন? চিত্ৰ সহযোগে তথ্যাবলি উল্লেখ কৰ।

সমতল দর্পণ যে প্রতিবিম্ব গঠন কৰে তাহা অসদ ও পার্শ্বীয় পৰিবৰ্তনযুক্ত। ইহা পলি ট কি দাৰ ?

সিনেমাব পৰ্দা দাৰ্শনিক এবং অমস্মক কৰা হয় কেন ?

[You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image? Explain your answer with the help of a diagram

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics

Why is the projection screen in a cinema house made of rough and white material?] [H. S. Exam., 1963]

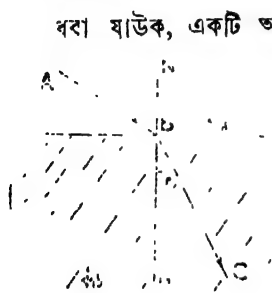
তৃতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিসরণ

[Refraction of light at a plane surface]

* 3-1. আলোকের প্রতিসরণ :

একটি জলপূর্ণ পাত্রেব তলদেশে দৃষ্টিপাত করিলে মনে হয় জল তত গভীর নয়। তেমনি একটি লাঠি জলে থানিকটা ডুবাইলে মনে হয় যেন লাঠি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখানে হইতে লাঠিটা বাঁকা। ইহা হইতে বোঝা যায় যে আলোক-রশ্মি জলে যে-সরলরেখায় চলে জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে অন্য সরলরেখায় চলে। অর্থাৎ, এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করিলে আলো গতির অভিমুখ পরিবর্তন করে। আলোক-রশ্মির গতিব অভিমুখের এই পরিবর্তনকে প্রতিসরণ (refraction) বলে।



দুই মাধ্যম হইতে গন মাধ্যমে

আলোক প্রতিসরণ

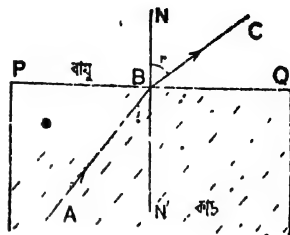
চিত্র 3ক

একটি কাচের ব্লকের উপর ত্রিধিকভাবে আপতিত হইল (3ক নং চিত্র)। আলোক-রশ্মি এইবার কাচের ভিতর প্রবেশ করিবে। কিন্তু কাচের ভিতর রশ্মি যে-সরলরেখায় যাইবে তাহা AB হইতে ভিন্ন— কারণ B বিন্দুতে আলোকের প্রতিসরণ হইবে।

ধরা যাউক, কাচের ভিতর আলোক-রশ্মি BC সরলরেখায় গমন করিল। এস্থলে AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি,

B আপতন-বিন্দু (point of incidence) এবং PQ দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলের ছেদ রেখা (line of section)। যদি B বিন্দু দিয়া PQ রেখার উপর লম্ব টানা যায় (NBN') তবে উহাকে আপতন বিন্দুতে বিভাগ-তলের উপর অভিলম্ব বলা হয়। আপতিত রশ্মি AB অভিলম্ব BN-এর সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle ABN$) তাহাকে আপতন কোণ বলে এবং প্রতিসৃত রশ্মি BC উক্ত অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ, $\angle CBN'$) তাহাকে প্রতিসরণ কোণ বলে।

• দেখা গিয়াছে যে আলোক-রশ্মি যখন লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, বায়ু হইতে কাচে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের দিকে বাকিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা ছোট হয় (3ক নং চিত্র)।

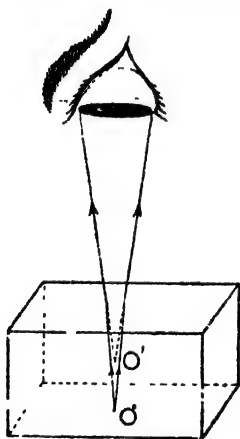


ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে
আলোক প্রতিসরণ
চিত্র 3ক

কিন্তু যদি আলোক-রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, কাচ হইতে বায়ুতে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বড় হয় (3গ নং চিত্র)।

3-2. আলোকের প্রতিসরণের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

(1) একটি কাগজের উপর কালির ফোঁটা ফেলিয়া উহাব উপর একটি কাচের ব্লক রাখ। এইবাব কাচের ভিতর দিয়া সোজা সূজি ফোঁটাটি লক্ষ্য করিলে মনে হইবে যে উহা খানিকটা উপরে উঠিয়া আছে। আলোকেব প্রতিসরণেব জনক এইরূপ প্রতীতি হয়।



প্রতিসরণেব দরুন O বিন্দুকে
O' বিন্দুতে দেখাইবে
চিত্র 3গ

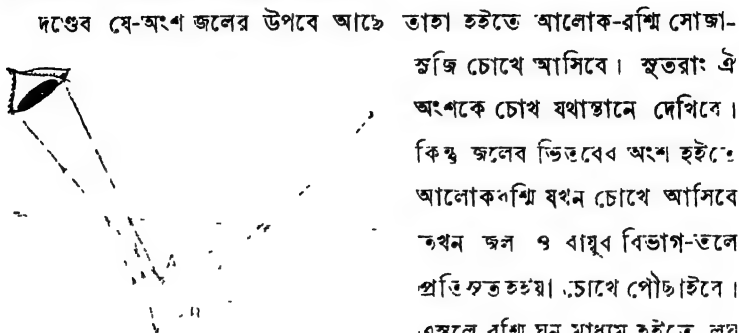
মনে কর, O বিন্দু হইল ফোঁটাটি (3গ নং চিত্র)। এখন O বিন্দু হইতে রশ্মি গুলুকে চোখে পৌছাইতে কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতে হইবে। স্বতরাং উই মাধ্যমেব বিভাগ তলে রশ্মির প্রতিসরণ হইবে। যেহেতু রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতেছে, সেই হেতু প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে O' বিন্দু

হইতে আসিতেছে।

একই কারণে জলভর্তি পাত্রের তলদেশে সোজাসুজি তাকাইলে মনে পাত্রের জল তত গভীর নয়।

(2) জলে নিমজ্জিত দণ্ডের বক্রতা :

একটি দণ্ড জলে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে মনে হয় যেন দণ্ডটি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখান হইতে ঝাকানো (3ঘ নং চিত্র)। আলোকের প্রতিসরণের জন্ত এইরূপ হয়।



প্রতিসরণ : জলে অর্ধনিমজ্জিত দণ্ডটি
ঝাকানো
চিত্র 3ঘ

ভজি চোখে আসিবে। সুতরাং ঐ অংশকে চোখ যথাস্থানে দেখিবে। কিন্তু জলের ভিতরবে অংশ হইতে আলোকদণ্ডি যখন চোখে আসিবে তখন জল ও বায়ুর বিভাগ-তলে প্রতিফলিত হয়। চোখে পৌঁছাইবে। এস্থলে বর্ণিমা ঘন মাপ্যম হইতে লঘু মাপ্যমে প্রবেশ করায় প্রতিফলিত বর্ণিমা অভিলম্ব হইতে দূরে সবিষা বাইবে এবং মনে হইবে যেন B

বিন্দু A বিন্দুতে বর্তিয়াছে। তেমনি নিমজ্জিত অংশের অসংখ্য বিন্দুগুলিও ঐভাবে মনে হইবে পানিকটা উলিয়া আছে। সুতরাং নিমজ্জিত অংশ ও বাহিবেব অংশ একই সললবেথায় দেখা না যাওয়ায় মনে হয় লাঠিটা বাকিয়া আছে।

(3) জলে নিমজ্জিত মুদ্রার প্রতিবিম্ব :

একটি কাঁসার পট বাসিতে একটি চক্চকে মুদ্রা বাগ এবং চোখকে আস্তে আস্তে সবাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে মুদ্রাটি সত্ত্ব দৃষ্টিব অগোচর হয়। এই অবস্থায় মুদ্রা হইতে আলোক-বর্ণিমা বাটন কিনারা দ্বারা বায়ুপ্রাপ্ত হওয়ায় চোখে পৌঁছায় না।

চোখকে ঐ অবস্থায় রাখিয়া এইবার বাটি জলপূর্ণ কর। দেখিবে যে মুদ্রাটি দেখা যাইতেছে। এইরূপ হইবার কারণ আলোক প্রতিসরণ (3ঙ নং চিত্র)।

বাটিতে জল থাকায় মুদ্রা হইতে আলোক-বর্ণিমা নির্গত হইয়া জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবে। জল বায়ু

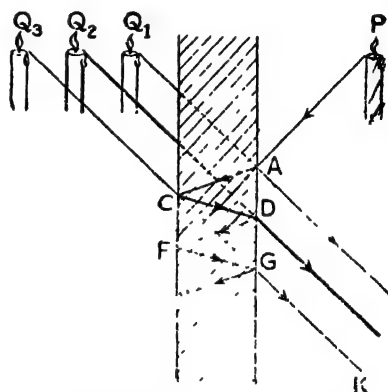


প্রতিসরণের দৃষ্ট মুদ্রাটি
দৃষ্টিব গোচরে আসিয়াছে
চিত্র 3ঙ

অপেক্ষা ঘন বলিয়া প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং এই প্রতিসৃত রশ্মি যখন চোখে পৌছাইবে তখন মনে হইবে যেন P বিন্দুটি P' বিন্দুতে অবস্থিত আছে। অর্থাৎ, মনে হইবে মূত্রাটি খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে। সুতরাং ইহা দৃষ্টির গোচরে আসিবে।

(4) মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব সৃষ্টি :

একটি মোটা কাচের আয়নার সামনে কোন বস্তু—ধর, একটা মোমবাতি রাখিয়া একটু তিষকভাবে প্রতিবিম্ব দেখিলে দেখা যাইবে যে অনেকগুলি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইয়াছে। আলোকের প্রতিসরণের জ্ঞান এইরূপ হইয়া থাকে।



মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3C

ধরা যাউক, মোমবাতি P বিন্দু হইতে PA আলোক-রশ্মি আয়নার উপর A বিন্দুতে আপতিত হইল (3C নং চিত্র)।

আলোক-রশ্মির খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবে

এবং উহার জন্ম একটি অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব Q_1 তৈয়াবী হইবে। আলোক-রশ্মির বেশী অংশ কাচের ভিতর প্রতিসৃত হইয়া আয়নার পিছনে পাবন প্রলেপে আপতিত হইবে এবং সেখান হইতে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া CD সরলরেখায় আসিয়া D বিন্দুতে আয়নার সন্মুখের তলে আপতিত হইবে। এই আলোক-রশ্মির আবার বেশী অংশ D বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া বায়ুতে প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে Q_2 প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। এই প্রতিবিম্ব খুব স্পষ্ট হইবে এবং সাধারণত আমরা ইহাকেই আয়নার ভিতর প্রতিফলিত দেখি। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং একই পদ্ধতি অনুসারে বার বার প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হইয়া Q_3 ও অগাধ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্রমশ আলোর তীব্রতা কমিয়া আসায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হইয়া যায়। এইভাবে মোটা আয়নায় অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

(5) বায়ুমণ্ডলে প্রতিসরণ :

সমুদ্রস্তর হইতে যত উপরে ওঠা যায় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব তত কমিয়া যায়। স্তরস্বরাং সূর্য বা চন্দ্র হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি যখন আমাদের চোখে পৌঁছায় তখন বিভিন্ন স্তরের ভিতর দিয়া আসিবার ফলে রশ্মির প্রতিসরণ হয় এবং বস্তুটিকে আমরা উহার প্রকৃত অবস্থান হইতে খানিকটা উপরে দেখি। এই কাৰণে সূর্য বা চন্দ্র উঠিবার একটু আগে এবং অস্ত যাইবার একটু পরেও সূর্য বা চন্দ্র আমাদের দৃষ্টির গোচরে থাকে।

X 3-3. প্রতিসরণের সূত্র (Laws of refraction) :

এক মাধ্যম হইতে অণু মাধ্যমে যাইবার সময়ে আলোক-রশ্মি য-প্রতিসরণ হয় তাহা নিম্নলিখিত সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে দুই মাধ্যমের বিভেদ-তলের উপর শঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন (sine) ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয় এবং এই ধ্রুবকের মান দুই মাধ্যম ও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, যদি আপতন কোণকে i বলা হয় এবং প্রতিসরণ কোণকে r বলা হয়, তবে উপবোক্ত সূত্রানুসারে $\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$ (উচ্চারণ ‘মিউ’) = ধ্রুবক।

এই ধ্রুবক ‘ μ ’কে বলা হয় প্রথম মাধ্যমের (অর্থাৎ, যে-মাধ্যম হইতে রশ্মি আগমন করবে) সাপেক্ষ দ্বিতীয় মাধ্যমের (অর্থাৎ যে-মাধ্যমে রশ্মি প্রাতিসৃত হয়) প্রতিসরাঙ্ক (refractive index)।

উদাহরণস্বরূপ বলা বাইতে পারে যে যখন আলোকরশ্মি বায়ু মাধ্যম হইতে আসিবা কাচ মাধ্যমে প্রাতিসৃত হয় তখন উক্ত কোণ দুইটির সাইনের অনুপাত 1.51 অর্থাৎ বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.51.

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রকে স্নেল-সূত্র (Snell's law)-ও বলা হয়, কারণ এই সূত্রটি বিজ্ঞানী ডাঃ স্নেল আবিষ্কার করেন।

উপবোক্ত সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পারি যে, যখন $i=0$ তখন $r=0$; অর্থাৎ, কোন রশ্মি অভিলম্বভাবে কোন মাধ্যমে আপতিত হইলে, প্রতিসরণের ফলে, রশ্মিটি অভিলম্বভাবে ঐ মাধ্যমের ভিতর দিয়া অগ্রসর হইবে ; উহার কোন দিক পরিবর্তন হইবে না।

3-4. পরীক্ষামূলকভাবে প্রতিসরণ সূত্রসমূহের সত্যতা নিরূপণ (Experimental verification of the laws of refraction) :

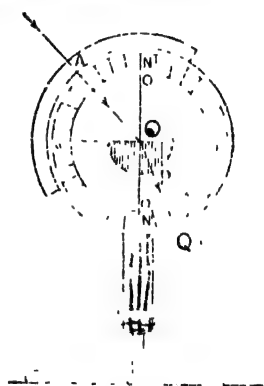
প্রতিসরণের সূত্র দুইটির সত্যতা দুই উপায়ে নিরূপণ করা যাউতে পারে।

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা ও (2) পিন দ্বারা।

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :

এই আলোকচক্রের বিবরণ দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে দেওয়া হইয়াছে (2-5 অনুচ্ছেদ দেখা)। 3ছ নং চিত্রে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা দেখানো হইল।

এই চক্রের কেন্দ্রস্থলে O একটি অর্ধ-বৃত্তাকার কাচ ফলক (glass slab)। ইহা এমনভাবে আটকানো আছে যে ফলকের অন্তর্ভূমিক তল 90—90° বেখার সমান্তরাল দিগাংশে এবং 0—0° বেখা ফলকের কেন্দ্রে ভিতর দিয়া গিয়াছে। সুতরাং 0—0° রেখা কাচ ফলকের অন্তর্ভূমিক তলের উপর অভিলম্ব। এখন যদি একটি আলোকরশ্মি AO পথে চক্রের তল ববাবর আসিয়া কাচের উপর O বিন্দুতে আপতিত হয় তবে ঐ রশ্মি কাচের মধ্য দিয়া প্রতিফলিত হইবে। দ্বিতীয়, প্রতিফলিত রশ্মি OP পথে গেল এবং পুনর্বার যখন কাচ হইতে বহির্গত হইবে তখন আর প্রতিফলিত না হইয়া PQ পথে সোজা চলিয়া যাউবে। সুতরাং AO আপতিত রশ্মি, OPQ তাহার প্রতিফলিত রশ্মি। P বিন্দুতে আলোকের আব প্রতিসরণ না হইবার কারণ এই যে OP রেখা অর্ধবৃত্তের ব্যাসার্ধ হওয়ায় OP ববাবর আগত রশ্মি P বিন্দুতে অভিলম্বভাবে আপতিত হয়। সুতরাং P বিন্দুতে রশ্মির আর কোন প্রতিসরণ হয় না। এইবার চক্রের ধ্রুবে হইতে সহজে AON কোণ ও QON' কোণ নির্ণয় করা যাউবে।



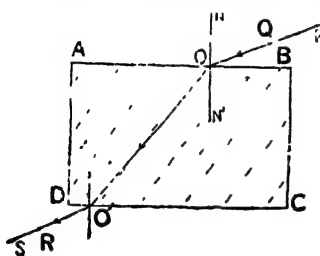
হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা
প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা
(চিত্র 3ছ)

এখন চাক্তিকে ঘুরাইলে AO^{*} রশ্মির স্থান পরিবর্তন হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলিত রশ্মিরও স্থান পরিবর্তন হইবে। প্রত্যেকবার চাক্তির ধ্রুব হইতে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় করা দেখা যাউবে যে

প্রত্যেকবার $\frac{\sin \angle AON}{\sin \angle QON}$ -এর মান সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে। তাছাড়া, আপতিত রশ্মি AO, প্রতিফলিত রশ্মি OQ ও অভিলম্ব ON চক্রতলে অবস্থিত হওয়াতে প্রথম সূত্রেরও সত্যতা প্রমাণিত হয়।

পিন দ্বারা :

একটি কার্ডবোর্ডের উপর একখণ্ড সাদা কাগজ আঁটিয়া উহার মধ্যস্থলে



পনদ্বারা প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা

চিত্র 3৩

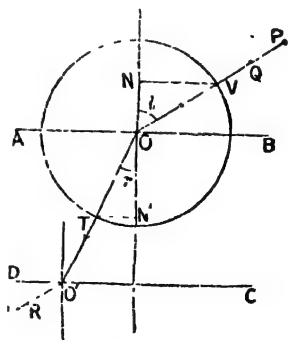
একটি আয়তাকার কাচের ফলক রাখ। পেন্সিল দিয়া ফলকটির বহিঃরেখা ABCD আঁক (3৩ নং চিত্র)। এইবার ফলকটির AB পাশে দুইটি পিন P ও Q লম্বভাবে পোত যাহাতে PQ সরলরেখা AB সরল রেখাকে তির্যকভাবে ছেদ করে। এইবার ফলকটির CD পাশে হঠাৎ কাচের ভিতর দিয়া P ও Q-এব প্রতিবিম্ব দেখ। চোখ

এমন অবস্থায় বাথ যাহাতে প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে। চোখ ঐভাবে রাখিয়া আরো দুইটি পিন R ও S ফলকের CD পাশে আটকাও যাহাতে R ও S এবং P ও Q-র প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় অবস্থান করে।

এইবার ফলকটি ও পিনগুলি সবাইয়া লইয়া P ও Q চিহ্ন যোগ কর ও উহাদের ববিত করিয়া AB সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। তেমনি R ও S চিহ্ন যোগ করিয়া উহাদের ববিত কর ও DC সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। এইবার OO বিন্দুতে একটি সরলরেখা দ্বারা যোগ কর। এস্থলে PQO আপতিত রশ্মি ও OO' কাচের ভিতর প্রতিফলিত রশ্মি। O বিন্দুতে AB সরল-রেখার উপর NN' লম্ব টান (3৩ নং চিত্র)।

সুতরাং NON' আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব।

O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া সুবিধামত ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত আঁক যাহা PQO



চিত্র 3৩

সরলরেখাকে V বিন্দুতে ও OO' সরলরেখাকে T বিন্দুতে ছেদ করে। V এবং T হইতে NON' অভিলম্বের উপর VN ও TN' লম্ব টান।

$$\text{এখন } \sin i = \frac{NV}{OV} \text{ এবং } \sin r = \frac{TN'}{OT}$$

$$\therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{NV}{OV} \div \frac{TN'}{OT} = \frac{NV}{TN'} \quad [\because OV = OT]$$

NV ও TN'-এর দৈর্ঘ্য মাপিয়া উহাদের অনুপাত বাহির কবিলে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণদ্বয়ের সাইনের অনুপাত পাওয়া যাইবে। এইভাবে P ও Q পিনের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া কয়েকবার পরীক্ষা কবিলে দেখা যাইবে যে এই অনুপাতগুলি সর্বদা সমান। সুতরাং ইহা দ্বাণা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

উপরন্তু আপতিত রশ্মি PQO, প্রতিসৃত রশ্মি OO' ও অভিলম্ব NN' কাগজের তলে থাকায় প্রথম সূত্রের সত্যতাও ইহা দ্বাণা প্রমাণিত হয়।

3-5. আপেক্ষিক ও চরম প্রতিসরাঙ্ক (Relative and absolute refractive index) :

যখন কোন আলোকরশ্মি 'a' মাধ্যম হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলা হয়। ইহাকে ${}_a\mu_b$ এইভাবে লেখা হয়। অর্থাৎ

$${}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad [i = \text{আপতন কোণ ও } r = \text{প্রতিসরণ কোণ}]$$

এই প্রতিসরাঙ্ককে আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বলে।

যেহেতু, আলোক গতিপথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible), কাজেই কোন রশ্মি যদি 'b' মাধ্যম হইতে আসিয়া বিভাগতলে r কোণে আপতিত হয় তবে 'a' মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময় প্রতিসরণ কোণ i হইবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায়

$${}_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i}$$

$$\text{সুতরাং } {}_a\mu_b \times {}_b\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\sin r}{\sin i} = 1$$

$$\text{অথবা, } {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a}$$

যেমন বায়ু মাধ্যমে সাপেক্ষ কাচের প্র প্রতিসরাঙ্ক μ , অতএব কাচ মাধ্যমের সাপেক্ষ বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক $\frac{1}{\mu}$.

যখন কোন আলোকরশ্মি শূন্য (vacuum) হইতে অল্প কোন মাধ্যমে প্রতিস্থত হয়, তখনকার প্রতিসরাঙ্কে ঐ মাধ্যমের চরম প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাধারণভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে হইবে যে আলোকরশ্মি বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিস্থত হইয়াছে। যেমন, কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলিলে বুঝিতে হইবে যে বায়ু মাধ্যমে রশ্মি আসিয়া যে-আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে ও কাচের মধ্যে প্রতিস্থত হইয়া যে-প্রতিসরণ কোণ উৎপন্ন করিবে উহাদের সাইনের অনুপাত 1.5.

কোন মাধ্যমের প্র তসবান্ধ আলোকের বর্ণের (colour of light) উপর নির্ভর করে, একথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। যেমন, লালবর্ণের আলোকেব বেলাতে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক যাহা হইবে, সবুজ, নীল বা বেগুনি বর্ণের আলোকের বেলাতে তাহা অপেক্ষা বেশী হইবে। আব, প্রতিসরাঙ্ক বেশী হইলে সেই মাধ্যমকে বলা হয় আলোক সাপেক্ষে ঘন মাধ্যম। মাধ্যমের এই ঘনত্বের সহিত উহার প্রাকৃতিক ঘনত্ব (physical density) বা আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন সম্পর্ক নাই। যেমন, প্রাকৃতিক ঘনত্ব হিসাবে তাম্রিন তেল জল অপেক্ষা লঘু (তাম্রিনের ঘনত্ব = 0.87) কিন্তু আলোক সাপেক্ষে তাম্রিন তেল জল অপেক্ষা ঘন (তাম্রিনের প্রতিসরাঙ্ক = 1.47)। সুতরাং একথা মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশী হইলে উহা আলোক সাপেক্ষে বেশী ঘন নাও হইতে পারে।

3-6. প্রতিসরাঙ্কের সহিত আলোকের গতিবেগের সম্পর্ক :

প্রতিসরাঙ্কের একটি গুরুত্বপূর্ণ তাৎপৰ্য আছে। কারণ আলোকের তরঙ্গবাদ (wave theory of light) হইতে প্রমাণ করা যায় যে কোন পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে,

$$\mu = \frac{\text{শূন্য আলোকের গতিবেগ}}{\text{ঐ পদার্থে আলোকের গতিবেগ}}$$

এবন যদি দুইটি মাধ্যম 'a' এবং 'b' লওয়া যায় এবং 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $a\mu_b$ হয় তবে,

$$a\mu_b = \frac{\text{'a' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}}{\text{'b' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}}$$

যদি 'b' মাধ্যম 'a' মাধ্যম অপেক্ষা ঘন হয় তবে $\mu_b > 1$ এবং সেক্ষেত্রে 'b' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ 'a' মাধ্যম অপেক্ষা কম। অর্থাৎ, ঘনতর মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ লঘুতর মাধ্যম অপেক্ষা কম।

তাহাড়া, উপরোক্ত সম্পর্ক হইতে এক মাধ্যম হইতে অপর মাধ্যমে আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিলে কেন রশ্মির গতিপথের পবিবর্তন হয় তাহার কারণ আমরা বুঝিতে পারি।

(i) যদি উভয় মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ সমান হয় তবে $\mu_b = 1$ অর্থাৎ $\sin i = \sin r$ অথবা $i = r$; এক্ষেত্রে রশ্মির গতিপথের কোন পবিবর্তন হয় না। সুতরাং আলোক-রশ্মির কোন প্রতিসরণ হইবে না।

(ii) যদি 'b' মাধ্যমে গতিবেগ কম হয়, অর্থাৎ 'b' মাধ্যম ঘনতর হয় তবে $\mu_b > 1$ অর্থাৎ $\sin i > \sin r$ অথবা $i > r$, এক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা কম হওয়ায় আলোক-রশ্মি গতিপথ পবিবর্তন করিয়া অভিলম্ব দিকে ঘেঁষিয়া যাইবে।

(iii) যদি 'b' মাধ্যমে গতিবেগ বেশী হয়, অর্থাৎ 'b' মাধ্যম লঘুতর হয় তবে $\mu_b < 1$, অর্থাৎ $\sin i < \sin r$ অথবা $i < r$, এক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেশী হওয়ায় আলোক-রশ্মি গতিপথ পরিবর্তন করিয়া অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে।

উপবোক্ত ফলাফল পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণিত হইয়াছে। সুতরাং একথা নিঃসন্দেহে বলা যাইতে পারে যে বিভিন্ন মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ বিভিন্ন হওয়ায় এক মাধ্যম হইতে অপর মাধ্যমে আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিলে রশ্মির প্রতিসরণ হয়।

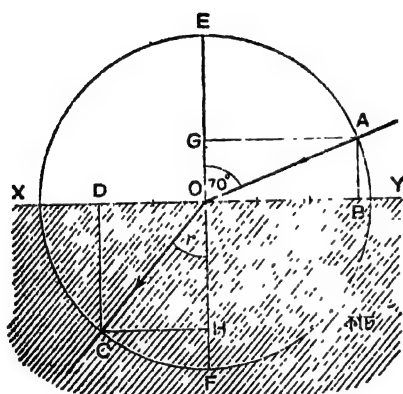
কয়েকটি পদার্থের প্রতিসরাঙ্কের তালিকা

কঠিন পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক	তরল পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক
ক্রাউন কাচ	1.5	জল	1.33
ফ্লিন্ট কাচ	1.62	গ্লিসারিন	1.47
হীরা	2.6	তাপিন তেল	1.47
বরফ	1.31	অ্যালকোহল	1.37

3-7. জ্যামিতিক পদ্ধতিতে প্রতিসৃত রশ্মির অঙ্কন (Geometrical construction of refracted ray) :

ধরা যাউক, একটি আলোকরশ্মি 70° আপতন কোণে একটি কাচের ব্লকের উপর আসিয়া পড়িয়াছে। উহার প্রতিসৃত রশ্মি জ্যামিতিক অঙ্কনের সাহায্যে নির্ণয় করিতে হইবে। বলা আছে যে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ ।

ধর, XY কাচের ব্লকের উপরতল (3এং নং চিত্র)। ব্লকের মধ্যস্থলে O একটি বিন্দু লও এবং XY রেখার সহিত সমকোণ করিয়া EOF লম্ব টান।



জ্যামিতিক পদ্ধতিতে প্রতিসৃত বাঁশ অঙ্কন
চিত্র 3এং

OE রেখার সহিত 70° কোণ করিয়া AO রেখা টান। AO আপতিত রশ্মি বুঝাইবে। O হইতে XY বরাবর ডান দিকে তিনটি সমান অংশ লও যাহাব সর্বশেষ ভাগেব প্রাপ্ত বিন্দু হইল B এবং বাঁদিকে ঐকোণ সমান দুইটি অংশ লও যাহাব প্রাপ্ত বিন্দু হইল D, B হইতে আপতিত রশ্মিব উপর BA রেখা টান যাহাতে ঐ রেখা XY রেখার লম্ব হয়। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এবং OA ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত অঙ্কন কর। D বিন্দু দিয়া XY রেখার উপর DC লম্ব টান যাহাতে

ঐ লম্ব পূর্বোক্ত বৃত্তকে C বিন্দুতে ছেদ করে। এখন OC সরলরেখা টানিলে উহাই হইবে প্রতিসৃত রশ্মি।

OC বেখা যে প্রকৃত প্রতিসৃত রশ্মি তাহা প্রমাণ করিতে হইলে A এবং C বিন্দু হইতে EOF সরলরেখার উপর যথাক্রমে AG এবং CH লম্ব টান।

আমরা যদি প্রমাণ করিতে পারি যে $\frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{3}{2}$ তাহা হইলেই OC প্রতিসৃত রশ্মি বুঝাইবে।

$$\text{এখন, } \sin 70^\circ = \frac{AG}{AO} \text{ এবং } \sin r = \frac{CH}{CO}$$

$$\therefore \frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{AG}{AO} \cdot \frac{CO}{CH} = \frac{AG}{CH} \quad [\text{কারণ } AO = CO]$$

$$\text{কিন্তু } AG = OB \text{ এবং } CH = OD$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{AG}{CH} = \frac{OB}{OD} = \frac{3}{2} \quad (\text{অনুসারিত})$$

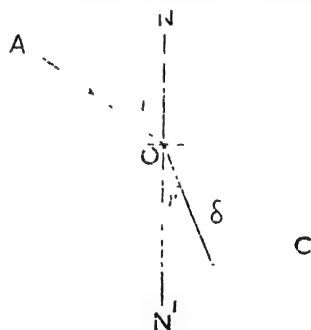
$$\therefore \frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{3}{2}$$

যাহেই AO আপতিত রশ্মির প্রতিসৃত রশ্মি হইবে OC .

3-8. প্রতিসরণের দরুন আলোকরশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to refraction):

এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময় আলোক-রশ্মির পথের চ্যুতি (deviation) হয়। আপতিত রশ্মির অভিমুখ ও প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখের ভিতর যে-কোণ উৎপন্ন হয় তাহাই রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ।

মনে কর, AO একটি আপতিত রশ্মি এবং OB উহার প্রতিসৃত রশ্মি। $\angle AON = i =$ আপতন কোণ ও $\angle N'OB = r =$ প্রতিসরণ কোণ। AO কে বাদিত করিয়া AOC রেখা টান। আপতিত রশ্মির অভিমুখ AOC ; কিন্তু প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখ OB , সুতরাং প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতি $(\delta) = \angle BOC$ [3ট নং চিত্র]।



প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ
চিত্র 3ট

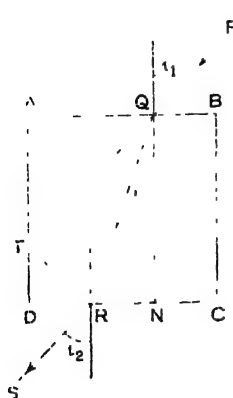
$$\text{এখন, } \delta = \angle BOC = \angle NOC - \angle N'OB$$

$$= \angle NOA - \angle N'OB. [\because \angle NOA = \angle N'OC]$$

• যদি রশ্মি লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তবে $i > r$, সেক্ষেত্রে $\delta = i - r$; কিন্তু যদি রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়, তবে $r > i$ এবং সেক্ষেত্রে $\delta = r - i$.

৩-৪ সমান্তরাল ফলকের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মির প্রতিসরণ
(Refraction of a ray of light through a parallel block) :

সমান্তরাল তলবিশিষ্ট ফলককে সমান্তরাল ফলক বলা হয়। মনে কর A B C D একটি কাচের সমান্তরাল ফলক এবং PQ একটি রশ্মি $\angle i_1$ আপতন কোণে AB তলে আপতিত হইয়াছে। রশ্মিটি কাচের ভিতর গমন করিবার



চিত্র 3৪

সময় প্রতিসৃত হইবে এবং মনে কর, $\angle r_1$ প্রতিসরণ কোণে QR বিন্দুর গিয়া ফলকের অপর তল CD-তে আপতিত হইল। রশ্মিটি এবার কাচ হইতে বায়ুতে নির্গত হইবার সময় পুনরায় প্রতিসৃত হইবে। ধর, বশিষ্টের নির্গমন কোণ $= \angle i_2$, এক্ষেত্রে প্রমাণ করা যায় যে আপতিত রশ্মি PQ এবং নির্গম রশ্মি RS পরস্পরের সমান্তরাল। তাছাড়া, আব একটি লক্ষ্য করিবার বিষয় এই যে PQ এবং RS পরস্পরের সমান্তরাল বটে কিন্তু একই সরল রেখায় অবস্থিত নয়,

অর্থাৎ ফলকের ভিতর দিয়া প্রতিসরণের ফলে বশিষ্ট কিছু পার্শ্ব-সরণ (lateral displacement) ঘটে [3৪ নং চিত্র]।

এখন, বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক ${}_a\mu_g$ ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি,

$${}_a\mu_g = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

আবার, কাচ সাপেক্ষ বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক ${}_g\mu_a$ হইলে, R বিন্দুতে প্রতিসরণ

অন্তর্ধারী ${}_g\mu_a = \frac{\sin r_2}{\sin i_2}$

কিন্তু আমরা জানি, ${}_a\mu_g = \frac{1}{{}_g\mu_a}$

সুতরাং $\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{1}{\frac{\sin r_2}{\sin i_2}} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$

• এখন, চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে $\angle r_1 = \angle r_2$; কাজেই $\sin r_1 = \sin r_2$ এবং $\sin i_1 = \sin i_2$

$$\text{অতএব, } i_1 = i_2$$

অর্থাৎ আপতিত বস্তু PQ এবং নির্গম বস্তু RS পৰস্পরের সমান্তরাল।

পার্শ্বসরণ : PQ এবং RS এই দুই সমান্তরাল বস্তুর ভিতর দূরত্ব হইল পার্শ্বসরণের পরিমাপ। PQ বর্ধিত করিয়া R হইতে RT লম্ব টান। এক্ষেত্রে RT পার্শ্বসরণের মান নির্দেশ করিতেছে।

$$\text{এখন, } \sin RQT = \frac{RT}{QR}$$

$$\begin{aligned} \therefore RT &= QR \cdot \sin RQT \\ &= QR \sin (i_1 - r_1) \end{aligned}$$

$$\text{আবার, } \cos r_1 = \frac{QN}{QR} \therefore QR = \frac{QN}{\cos r_1} = \frac{AD}{\cos i_1 \cdot \cos r_1}$$

$$[t = \text{ফলকের বেধ} = AD]$$

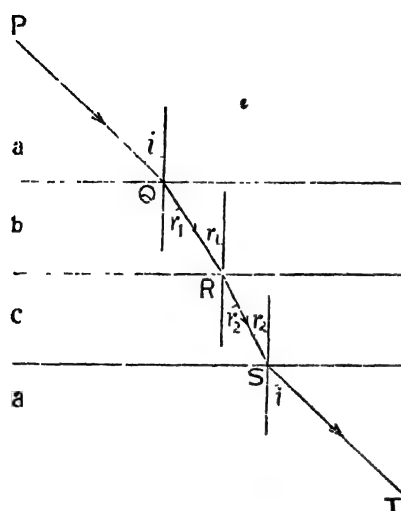
$$\text{অতরাং } RT = t \cdot \frac{\sin(i_1 - r_1)}{\cos r_1}$$

অতরাং ফলকের বেধ (t), আপতন কোণ ($\angle i_1$) এবং ফলকের প্রতিসরাঙ্ক (μ) জানা থাকিলে (r_1 এবং μ জানা থাকিলে r_1 নির্ণয় করা যায়) বস্তুটির পার্শ্বসরণ নির্ণয় করা যায়। অপর পক্ষে একথাও বলা যায় যে পার্শ্বসরণ ফলকের বেধ, আপতন কোণ এবং ফলকের প্রতিসরাঙ্কের উপর নির্ভর করে।

3-10. ক্রমবর্ধমান ঘনত্বের পর পর রক্ষিত কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যমের মধ্য দিয়া আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a number of parallel media of increasing density) :

যদি, a , b , c , প্রভৃতি কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যম ক্রমবর্ধমান ঘনত্ব অনুসারে সজ্জিত—অর্থাৎ a অপেক্ষা b বেশী ঘন এবং b অপেক্ষা c আরো

ঘন, ইত্যাদি। কিন্তু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক। এই ধবনের পাতে আলোকরশ্মি



সমান্তরাল হাতে প্রাতি-প

চিত্র ৩৬

$$\text{পার্থী, } \frac{\sin i}{\sin r_1} = \mu_b$$

তেমনি R ও S বিন্দুতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে $\frac{\sin r_1}{\sin r_2} = \mu_c$ এবং $\frac{\sin r_2}{\sin i} = \mu_a$ ।
ইহা দ্বারা গুণ করিলে পাই,

$$\mu_a \times \mu_b \times \mu_c = \frac{\sin i}{\sin r_1} \times \frac{\sin r_1}{\sin r_2} \times \frac{\sin r_2}{\sin i} = 1$$

উপবোক্ত ফল অর্থাৎ μ_a, μ_b, μ_c তিনটি মাধ্যম নয়—যেকোন দু'পার্শ্ব সমান্তরাল মাধ্যম থাকিলেই হইবে—অর্থাৎ প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক হইতে হইবে।

যদি 'a' মাধ্যমকে বায়ু ধরা হয় তবে পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\mu_a \mu_b \times \mu_c \times \mu_{\text{air}} = 1$$

$$\mu_b = \frac{1}{\mu_{\text{air}} \mu_c \times \mu_{\text{air}}} = \frac{\mu_c}{\mu_{\text{air}}^2}$$

‘c’ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক
‘b’

আসিয়া পড়িলে এক মাধ্যম হইতে অল্প মাধ্যমে ক্রমাগত প্রতিফলিত হইয়া অবশেষে রশ্মি প্রথম মাধ্যমে নির্গত হইবে। পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে যে এইরূপ প্রতিসরণের ফলে আপ্রতি-বস্তু ও নির্গম (emergent) রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয়। যদি PQ আপ্রতি-বস্তু ও ST নির্গম রশ্মি হয় তবে উভাংশ পরস্পর সমান্তরাল হইবে (চিত্র ৩৬)।

এখন, Q বিন্দুতে প্রতি-সরণের ফলে আমরা লিখিতে

উদাহরণ :

(1) বায়ুর তুলনায় জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ এবং বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ হইলে জলের তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত হইবে ?

[If the refractive index of water with respect to air be $\frac{4}{3}$ and that of glass with respect to air be $\frac{3}{2}$, what is the refractive index of glass with respect to water ?]

উ। আমরা জানি,
$$\mu_{\frac{g}{w}} = \frac{\mu_{\frac{g}{a}}}{\mu_{\frac{w}{a}}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$$

(2) কাচের তুলনায় গ্লিসেরিনের প্রতিসরাঙ্ক 0.98 এবং বায়ুর তুলনায় গ্লিসেরিনের প্রতিসরাঙ্ক 1.47, বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক এবং কাচের তুলনায় বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[Refractive index of glycerine with respect to glass is 0.98 and that of glycerine with respect to air is 1.47. Determine the refractive index of glass with respect to air and of air with respect to glass]

উ। আমরা জানি,
$$\mu_{\frac{g}{gly}} = \frac{\mu_{\frac{g}{a}}}{\mu_{\frac{gly}{a}}}$$

$$\therefore 0.98 = \frac{1.47}{\mu_{\frac{g}{a}}}$$

$$\text{বা, } \mu_{\frac{g}{a}} = \frac{1.47}{0.98} = 1.5$$

$$\text{আবার, } \mu_{\frac{a}{g}} = \frac{1}{\mu_{\frac{g}{a}}} = \frac{1}{1.5} = 0.66$$

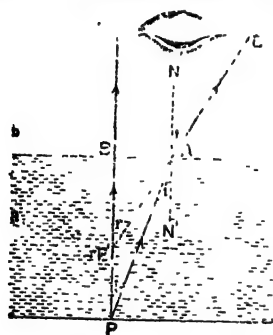
3-11. সমতলে আলোকের প্রতিবিম্বের গঠন (Formation of image by refraction at a plane surface) :

বস্তু হইতে নিশ্চয় আলোক রশ্মি সমতলে প্রতিফলিত হইবার পর যখন বায়ুর চোখে পৌছায়, তখন মনে হয় ঐ প্রতিফলিত রশ্মিগুলি অতীত কোন বিন্দু হইতে আসিতেছে। ঐ বিন্দুকে বস্তু-বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলা হইবে। বস্তু যখন বায়ুরে থাকিলে এবং চোখ লবু মাধ্যমে বায়ুতে মনে হইবে বস্তু গাঢ়তর উপরে উঠিয়া আসিয়াছে এবং বস্তু লবু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে বায়ুতে মনে

হইবে বস্তুটি খানিকটা দূরে সরিয়া গিয়াছে। নিয়ে এই দুই পদ্ধতির আলোচনা করা হইল। এস্থলে একটি কথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে দর্শক উপর হইতে সোজাহুঙ্গি নীচের দিকে তাকাইবে অর্থাৎ বস্তু হইতে নির্গত রশ্মিগুলি খুব তির্যকভাবে বিভাগ-তলে আপতিত হইলে সেগুলি বিবেচনা করা হইবে না— কারণ প্রতিসরণের পক্ষ রশ্মিগুলি দূরে ঝিকিয়া যাইবে এবং চোখে পৌছাইবে না।

(ক) বস্তু ঘন মাধ্যমে ও চোখ লঘু মাধ্যমে :

'a' মাধ্যমে অবস্থিত P একটি বস্তু। P হইতে একটি রশ্মি PB অভিলম্ব-ভাবে প্রতিসরণতল AB-র উপরে আপতিত হইল (চিত্র 30)। স্বতরাং



প্রতিসরণের জন্য প্রতি বস্তু
উপরে উঠিয়া যাইবে

চিত্র 30

এই বস্তু 'b' মাধ্যমে সোজাহুঙ্গি BC পথে চলিয়া যাইবে। আর একটি রশ্মি PA একটু তির্যকভাবে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া AD পথে প্রতিফলিত হইল। প্রতিফলিত রশ্মিটি অভিলম্ব AN হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এই দুইটি প্রতিফলিত রশ্মি—BC ও AD—পশ্চাতে বদিত করিলে P' বিন্দুতে ছেদ করে। স্বতরাং প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয় চোখে পৌছাইলে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থিত। অর্থাৎ P' বিন্দু

হইল P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতলের দিকে উঠিয়া আসিয়াছে।

এখন 'b' মাধ্যমেব সাপেক্ষে 'a' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ ধবিলে, প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$$

কিন্তু $\angle PAN' = \angle APB$ এবং $\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$

$$\text{সুতরাং, } \frac{1}{\mu} = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB}{AP} \cdot \frac{AP'}{AB} = \frac{AP'}{AP}$$

যেহেতু, A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী (PA রশ্মি খুব বেশী তির্যক নহে) কাজেই, $AP' = BP'$ এবং $AP = BP$.

অর্থাৎ, $\frac{1}{\mu} = \frac{BP'}{BP}$

অথবা, $\mu = \frac{BP}{BP'} = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত গভীরতা}}{\text{আপাত "}}$

(খ) বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে:

'b' লঘু মাধ্যমে P একটি বস্তু। P হইতে দুইটি বস্তু—PR ও PA—প্রতিসরণতল AB কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ঘন মাধ্যম 'a'-তে প্রবেশ কবে এবং যখন চোখে পৌঁছায় তখন মনে হয় বস্তুটি P' বিন্দু হইতে নির্গত হইতেছে। অর্থাৎ, P' বিন্দু P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতল হইতে দূরে সন্নিবিষ্ট গিয়াছে (3গ নং চিত্র)।

এখানে $\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$

কিন্তু $\angle PAN' = \angle APB$ এবং

$\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$

সুতরাং $\mu = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB/AB}{AP'/AP} = \frac{AP}{AP'}$

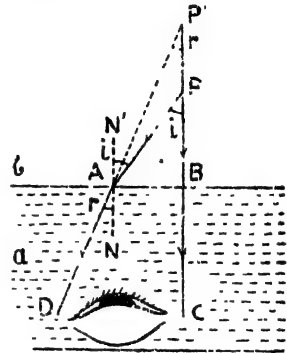
কিন্তু A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী হওয়ায় $AP' = BP'$ এবং $AP = BP$, কাজেই,

$\mu = \frac{BP'}{BP} = \frac{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}{\text{প্রকৃত "}}$

উদাহরণ :

(1) একটি কাচ-ফলকের উচ্চতা 10 cm, ফলকের তলায় একটি বিন্দু আছে। ফলকের ভিতর দিয়া দেখিলে বিন্দুটির আপাত সরণ কত হইবে ?
কাচের $\mu = 1.5$

[The height of a glass slab is 10 cm. There is a dot on the bottom of the block. What will be the apparent displacement of the dot when viewed through the block ?
 μ of glass = 1.5.]



প্রতিসরণে লঘু প্রতিবিম্ব বিচ্ছিন্ন
উপরে উঠিয়া যাউন
চিত্র 3গ

উ। এক্ষেত্রে আমবা জানি, $\mu = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

অথবা, $1.5 = \frac{10}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

সুতরাং, বস্তুর আপাত উচ্চতা $= \frac{10}{1.5} = 6.6 \text{ cm.}$

\therefore বস্তুটির সরণ $= 10 - 6.6 = 3.4 \text{ cm.}$

(2) একটি জলপূর্ণ পাত্রেব গভীরতা 12 ft, সোজাসুজি তাকাইলে পাত্রের গভীরতা কত মনে হইবে? জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \frac{4}{3}$.

[A vessel full of water is 12 ft deep. If the refractive index of water with respect to air be $\frac{4}{3}$, find the apparent depth of the vessel]

উ। এক্ষেত্রে, আমবা জানি, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

অথবা, $\frac{4}{3} = \frac{12}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

সুতরাং, পাত্রের আপাত গভীরতা $= \frac{12 \times 3}{4} = 9 \text{ ft.}$

(2) একটি স্বচ্ছ কাচের ঘনকের প্রত্যেক তলের দৈর্ঘ্য 15 cm. উহার ভিতরে একটি ছোট বায়ু বুদবুদ আছে। কোন একটি তল হইতে দৃষ্ট করিলে মনে হয় উহা যেন ঐ তল হইতে 6 cm. গভীরে আছে। ঐকি বিপরীত তল হইতে লক্ষ্য করিলে উহার আপাত অবস্থান 4 cm. গভীরে মনে হয়। প্রথম তল হইতে বুদবুদটির প্রকৃত দূরত্ব এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A transparent cube of glass 15 cm. edge, contains a small air bubble. Its apparent depth when viewed through one face of the cube is 6 cm, and when viewed through the opposite face is 4 cm. What is the actual distance of the bubble from the first face and what is the refractive index of glass ?]

উ। মনে কর প্রথম তল হইতে বুদ্ধদের প্রকৃত দূরত্ব = x cms.

স্বতরাং বিপরীত তল হইতে উহার প্রকৃত দূরত্ব = $15 - x$,,

এক্ষেত্রে, আমরা জানি যে, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত দূরত্ব}}{\text{আপাত দূরত্ব}}$

কাজেই, প্রথম তলের বেলাতে, $\mu = \frac{x}{6}$

এবং দ্বিতীয় তলের বেলাতে, $\mu = \frac{15 - x}{6}$

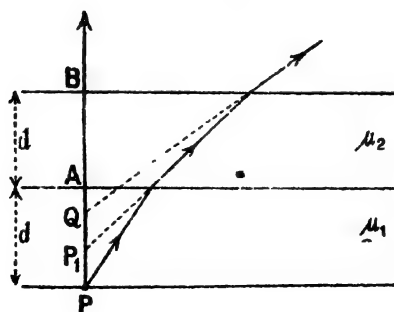
$$\therefore \frac{x}{6} = \frac{15 - x}{6} \quad \text{বা,} \quad \frac{x}{3} = \frac{15 - x}{2} \quad \text{বা,} \quad 2x = 45 - 3x$$

$$\therefore x = 9 \text{ cm.} \quad \text{এবং} \quad \mu = \frac{9}{6} = 1.5$$

(4) একটি পাত্রেব গভীরতা $2d$; উহার অর্ধেক μ_1 প্রতিসরাঙ্কযুক্ত তরল দ্বারা ভর্তি এবং অপবার্ণ μ_2 প্রতিসরাঙ্কের তরল দ্বারা পূর্ণ। যদি পাত্রেব তলদেশে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করা যায় তবে প্রমাণ কর যে পাত্রেব আপাত গভীরতা $= d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$

[A vessel has depth $2d$ and it is half-filled by a liquid of refractive index μ_1 and other half by another liquid of refractive index μ_2 . Prove that when viewed perpendicularly, the apparent depth of the vessel is $= d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$]

উ। মনে কর, প্রথম তরল হইতে দ্বিতীয় তরলে প্রতিসরণের পব রশ্মি P_1 , বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে [3ত নং চিত্র]।



চিত্র 3ত

অতএব, $\frac{AP}{AP_1} = \mu_1$

$AP_1 = \mu_2 \cdot \frac{AP}{\mu_1} = \mu_2 \cdot d$

এখন দ্বিতীয় তরঙ্গ হইতে বায়ুতে প্রতিফলিত হইবার পর মনে কর' রশ্মি Q বিন্দু হইতে অপস্থত হইতেছে। এক্ষেত্রে,

$$\frac{BP_1}{BQ} = \mu_2$$

$$\therefore BQ = \frac{BP_1}{\mu_2} = \frac{BA + AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{d}{\mu_1}$$

$$= d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$$

X-3-12. প্রতিসরণ সম্পর্কিত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা :

(ক) অন্ধকার রাত্রে আকাশেব দিকে দৃষ্টিপাত করিলে দেখিবে যে কতকগুলি জ্যোতিষ্ক মিটমিট্ কবিয়া আলো দিতেছে এবং কতকগুলি জ্যোতিষ্ক স্থিরভাবে আলো দিতেছে। প্রথমোক্ত জ্যোতিষ্কগুলিকে বলা হয় নক্ষত্র এবং উহারা পৃথিবী হইতে বহুদূরে অবস্থিত এবং শেষোক্ত জ্যোতিষ্কগুলি হইল গ্রহ। উহারা পৃথিবী হইতে অপেক্ষাকৃত কম দূরে অবস্থিত। নক্ষত্রের ঐকম ন্যিকিমিকি হইবার কারণ কি ?

তোমরা জলন্ত উনানেব উপরকার উত্তপ্ত বায়ুর মধ্যে দিয়া কোন জিনিস দেখিবার চেষ্টা করিয়াছ ? দেখিবে যে ঐকপভাবে দূরের কোন বস্তুব প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে বস্তুটি কাপিতেছে। উহার কারণ এই যে বায়ু উত্তপ্ত হওয়ায় উহার ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক অনবরত পরিবর্তন কবে। ঐরূপ বায়ুর ভিতর দিয়া বস্তু দেখিলে বস্তুকে কম্পমান মনে হয়। তাবার ন্যিকিমিকির কারণও ঐরূপ। বায়ুমণ্ডলেব উষ্ণতা কখনও সকল স্থানে সমান থাকে না। উহা অনবরত পরিবর্তন কবে। ফলে বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের প্রতিসরাঙ্কও পরিবর্তিত হয়। বহু দূরবর্তী নক্ষত্র হইতে আলো, ঐ বায়ুমণ্ডলেব ভিতর দিয়া আসিবার কালে প্রতিসরাঙ্কের পরিবর্তনেব জন্ত প্রায়ই আঁকা-বাঁকা পথে অগ্রসর হয়। ঐ আলো দর্শকের চোখে পৌছাইয়া, দর্শক একবার হয়ত বেশী আলো দেখিলে, আবার পরক্ষণেই কিছু কম আলো দেখিবে। এইজন্ত দর্শক তারাকে 'ন্যিকিমিক্' (twinkling) অবস্থায় দেখে।" গ্রহগুলি পৃথিবীর নিকটবর্তী বলিয়া আলোক-রশ্মির পথ-পরিবর্তনের দরুন উজ্জলতার হ্রাস-বৃদ্ধি বিশেষ বোঝা যায় না। তাই, উহারা স্থিরভাবে আলো দিতেছে বলিয়া মনে হয়।

(খ) একটি কাচের পাত্রে খানিকটা গ্লিসারিন লইয়া উহার ভিতর একটি কাচের দণ্ড রাখ। এখন গ্লিসারিনের ভিতর দিয়া কাচের দণ্ডটি দেখিবার চেষ্টা করিলে কাচের দণ্ডটি দেখা যাইবে না। কাচের এবং গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক সমান। তাই উহার একই মাধ্যমের মত ব্যবহার করে। ফলে, কাচ হইতে আলোকরশ্মির কোন প্রতিফলন বা প্রতিসরণ হয় না। উপরন্তু কাচ ও গ্লিসারিন স্বচ্ছ বলিয়া গ্লিসারিনেব ভিতর দিয়া কাচ দেখা যায় না।

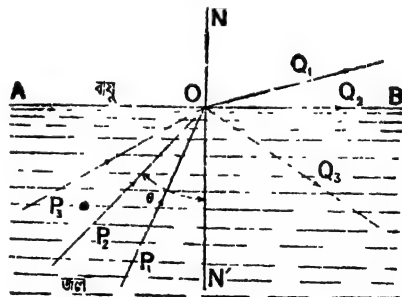
(গ) কাচ সাধারণত স্বচ্ছ পদার্থ কাবণ কাচের ভিতর দিয়া আলো সহজে চলাচল কবে। কিন্তু কাচকে গুঁড়া করিলে, কাচগুঁড়া অস্বচ্ছ হয়। কাবণ আলোকরশ্মি গুঁড়ার ভিতর দিয়া যাউতে পারে না—অসংখ্য গুঁড়া কণিক প্রতিফলিত হইয়া ফিবিয়া আসে। আবার, কাচগুঁড়াতে জল ঢালিলে উহা পুনরায় স্বচ্ছ হয়। এস্থলে, জলেব ভিতর দিয়া আলোব প্রতিসরণের স্ববিধা হয় বলিয়া গুঁড়াকে স্বচ্ছ দেখায়।

* 3-13. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন (Total internal reflection) :

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে আলোক-রশ্মি যখন ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেশী হয়।

ধরা যাউক, AB বেখা জল ও বায়ু মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতলেব (3খ নং চিত্র) ছেদ। এখানে জল ঘন ও বায়ু লঘু মাধ্যম। জলের মধ্যে P_1 বিন্দু হইতে কোন রশ্মি P_1O পথে গিয়া বায়ুতে OQ_1 পথে প্রতিসৃত হইল। প্রতিসরণ কোণ

Q_1ON আপতন কোণ P_1ON' অপেক্ষা বড়। আপতন কোণ যত বৃদ্ধি করা হইবে প্রতিসরণ কোণও তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, অর্থাৎ প্রতিসৃত রশ্মি OQ_2 মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতল-AB ঘেষিয়া যায়। কারণ, ইহা অপেক্ষা



আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন

চিত্র 3খ

প্রতিসরণ কোণের মান বেশী হইতে পারে না। ধরা যাউক, আপতন কোণ যখন $\angle P_2ON'$ হইল তখন OQ_2 প্রতিসৃত রশ্মি AB তল ঘেষিয়া গেল

পদার্থ বিজ্ঞান

এইবার যদি আপতন কোণ আর একটু বাড়ানো যায়, তবে দেখা যাইবে যে রশ্মি আর বায়ুমাধ্যমে প্রতিফলিত হইতেছে না; সম্পূর্ণ রশ্মি 'সাধারণ প্রতিফলনে' নিম্নমাধ্যমীয় AB তল দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া জলে প্রবেশ করিতেছে। ৩য় নং চিত্রে P_3ON' এরূপ বর্ণিত আপতন কোণ দেখানো হইয়াছে এবং তাহার ফলে OQ_3 রশ্মি জলে প্রতিফলিত হইয়া আসিয়াছে। এই অবস্থায় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল আয়না'র মত ব্যবহার করে। ইহাকেই **আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন** বলে।

তাছাড়া, যে-আপতন কোণের ($\angle P_2ON'$) ফলে প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, তাকে উক্ত মাধ্যমদ্বয়ের **সংকট কোণ** (critical angle) বলা হয়।

সুতরাং, আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইতে গেলে নিম্নলিখিত দুইটি শর্তের অবশ্য প্রয়োজন:

- (1) বস্তুকে পদ মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতে হইবে।
- (2) আপতন কোণ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হইতে হইবে।

3-14. সংকট কোণ ও ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সম্বন্ধ:

দ্বিতীয় ষাটক $\angle PON' = \theta$ জগ্ন ও বায়ুমাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ (৩য় নং চিত্র)। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি OQ_2 জলে'র উপরতল AB ঘেষিয়া বাইবে অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ $\angle NOQ_2 = 90^\circ$

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী আমরা জানি,

$$\frac{\sin \theta}{\sin 90^\circ} = \mu$$

[μ = বায়ু সাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক]

$$\therefore \sin \theta = \frac{1}{\mu}$$

সুতরাং ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক জানা থাকিলে সংকট কোণ নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ:

- (1) বায়ু সাপেক্ষ কাঁচের প্রতিসরাঙ্ক 1.52 হইলে উহাদের সংকট-কোণ নির্ণয় কর।

[If the refractive index of glass with respect to air be 1.52 find the critical angle between them.]

উ। ধরা যাউক, সংকট কোণ = θ সুতরাং, $\sin \theta = 1/\mu$

এখানে $\mu = 1.52$; অতএব $\sin \theta = \frac{1}{1.52} = .6579 = \sin 41^\circ$ (nearly)

$\therefore \theta = 41^\circ$ (nearly)

(2) একটি বর্ণি কাচ হইতে জলে এমনভাবে প্রতিফলিত হইল যে প্রতিফলিত বর্ণি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল ঘেঁষিয়া গেল। বায়ুর তুলনায় কাচ ও জলের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.5 এবং 1.33 হইলে বর্ণিটির আপতন কোণ নির্ণয় কর।

[A ray of light passes from glass to water at a certain angle of incidence such that the refracted ray just grazes the surface of separation of the two media. If the refractive indices of glass and water with respect to air be 1.5 and 1.33 respectively, find the angle of incidence.]

উ। আমরা জানি, $\omega''_g = \frac{\mu_g}{\mu_a} = \frac{1.5}{1.33} = 1.12$

যেহেতু প্রতিফলিত বর্ণি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল ঘেঁষিয়া গাইতেছে সেইহেতু আপতন কোণ θ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ হইবে। অতএবে তল লম্ব মাধ্যম ও কাচ ঘন মাধ্যম। আমরাএই জানি আছে,

$$\sin \theta = \frac{1}{\omega''_g} = \frac{1}{1.12} = .89 \quad \therefore \theta = (62^\circ 54' \text{ প্রায়})$$

3-15. প্রতিসরণের সূত্র হইতে আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের প্রমাণ (Proof of total internal reflection from the laws of refraction):

পূর্ব অন্তর্ভুক্তি বলা হইয়াছে যে, ' θ' ' সংকট কোণ হইলে এবং ঘনতব মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ' μ ' হইলে, $\sin \theta = \frac{1}{\mu}$

এখন, ঘনতব মাধ্যমে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রমাণ করা যায় যে প্রতিসরণ কোণের কোন বাস্তব মানের (real value) পক্ষে প্রতিসরণ সূত্র মানিয়া চলা সম্ভব নয়—অর্থাৎ ঐ অবস্থায় আলোক-বর্ণির প্রতিসরণ সম্ভব নহে।

ধরা বাউক, সংকট কোণ θ অপেক্ষা বৃহত্তর কোন আপতন কোণের (i) বেলাতে প্রতিসরণ হইল এবং প্রতিসরণ কোণ $= \angle r$. এক্ষেত্রে প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{\mu}$$

$$\text{অথবা, } \sin r = \sin i \times \mu. \quad \dots\dots(i)$$

যেহেতু, $i > \theta$, সেহেতু, $\sin i > \sin \theta$

$$< \frac{1}{\mu} \left[\text{কারণ } \sin \theta = \frac{1}{\mu} \right]$$

কাজেই (i) নং সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে

$$\sin r > 1$$

কিন্তু 'r' কোণের কোন বাস্তব মানের পক্ষে $\sin r$ -এর মান 1-এর বেশী হওয়া কখনও সম্ভব নয়।

অতএব, উপরোক্ত ধাত্তায় (অর্থাৎ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী আপতন কোণে) আলোক-বস্তুটি পর্বে সম্বল হওয়া সম্ভব নয়, আলোক-বস্তুটি প্রতিফলিত হইয়া ঘনতর মাধ্যমে ফিরিয়া আসিবে।

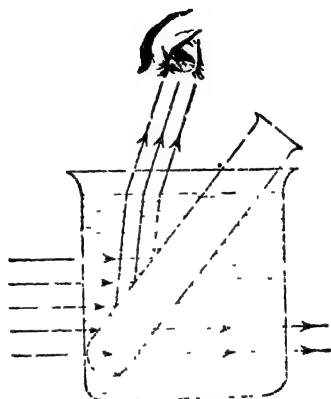
X-3-16. পূর্ণ প্রতিফলনের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

(1) একটি লোহা বনের গায়ে ভূসংকলি মাথাইয় জলে ডুবাও। দেখিবে যে কালি মাথানো সত্ত্বেও বনের গা চক্চকে দেখাইতেছে। পূর্ণ আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জগৎ প্রদর্শন হয়।

ভূসংকলি মাথাইবার ফলে বলটিকে জলে রাখিলেও উহা গায়ে একটা পাতলা বায়ুস্তর লাগিয়া থাকে। আলোকবস্তু জলের ভিতর দিয়া গিয়া এই বায়ুস্তরে পড়ে অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাওয়ায় চোঁকা ববে। চোখ যদি এমনভাবে রাখা যায় যে আপতন কোণ জল ও বায়ু সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হয় তবে আলোকবস্তু পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইবে। শুভ্রায় বলেও এই অংশ আয়নার মত চক্চকে দেখাইবে।

একই কারণে জলের ভিতর হইতে বৃদ্ধ উঠিবার সময় চক্চকে দেখায় বা কাচের কাগজ-চাপার (paper-weight) ভিতর বৃদ্ধগুলি চক্চকে দেখায়। হীরা, চুনী, পায়াল প্রভৃতি মূল্যবান পাথরের উজ্জলতাও পূর্ণ প্রতিফলনের দরুন হইয়া থাকে।

(2) একটি পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার ভিতরে একটি কাচের টেস্ট টিউব আংশিক ডুবাইয়া রাখ। টেস্ট টিউবে খানিকটা জল লও। উপর হইতে টেস্ট টিউবে নিমজ্জিত খালি অংশে দৃষ্টিপাত করিলে চক্চকে দেখাইবে। এরূপ হইবার কারণ কি?



পূর্ণ প্রতিফলনের জন্য টেস্ট টিউবে নিমজ্জিত খালি অংশে চক্চকে দেখায়
চিত্র 3d

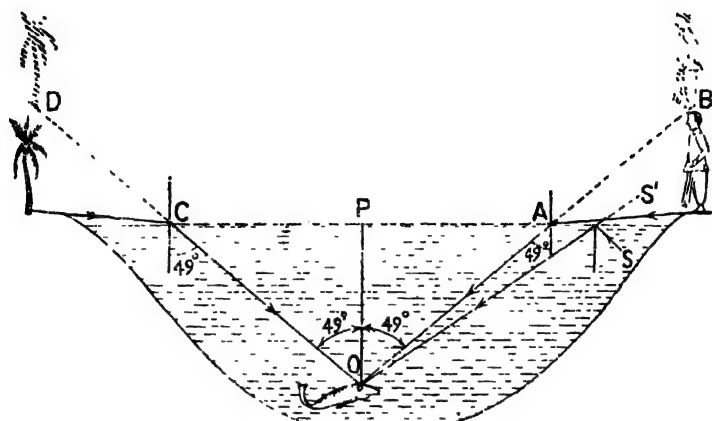
আলোক-রশ্মি জল হইতে গিয়া টেস্ট টিউবের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে প্রবেশ করিতে চায় এবং আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলেই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছায় (3d নং চিত্র)। এই কাবণে টেস্ট টিউবের গাত্র চক্চকে দেখায়।

টেস্ট টিউবের জলপূর্ণ অংশের দিকে নাড়িলে কিন্তু চক্চকে দেখাযবে না। কারণ আলোক-রশ্মি টেস্ট টিউবের বাহিরেব জল হইতে আসিয়া ভিতরেব জলে প্রবেশ করিবে। সুতরাং পূর্ণ প্রতিফলন হইবে না।

(3) জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি (A fish eye view) :

জলের ভিতর থাকিয়া মাছ জলেব উপরেব প্রিন্সি কল্পে দেখিতে পায় তাহা আলোচনা করা যাউক। মনে কবে, ই জলাশয়ের তীরে একজন মানুষ দাঁড়াইয়া আছে। জল ও বায়ু সংকট কোণ 49° । এখন মানুষ হইতে কোন রশ্মি যদি জলেব তল ঘেঁষিয়া জলে প্রবেশ কবে এবং মাছেব চোখে পৌছায় তবে জলের ভিতর প্রতিসরণ কোণ হইবে 49° [3d নং চিত্র]। জলেব উপর হইতে অল্প কোন রশ্মি ইহা অপেক্ষা বেশী কোণ করিয়া মাছেব চোখে

পৌছাইতে পারে না। সুতরাং মাছ মানুষকে দেখিবে OAB রেখা বরাবর বাহা OP রেখার সহিত 49° কোণ উৎপন্ন করে। তেমনি, অপর পাড়ে একটি গাছ থাকিলে মাছের চোখ উহাকে OCD রেখা বরাবর দেখিতে পাইবে। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে OCD রেখাও OP রেখার সহিত 49°



জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি

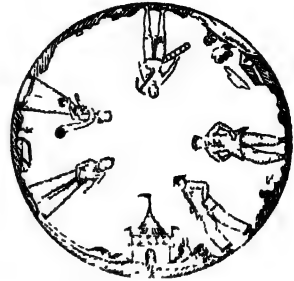
চিত্র 3৮

কোণ উৎপন্ন করে। সুতরাং জলের উপরিস্থ সকল বস্তুই মাছের চোখে 98° কোণবিশিষ্ট একটি শঙ্কুর (cone) মধ্যে অবস্থিত আছে বলিয়া মনে হইবে। এইজন্য আমরা পৃথিবীর উপরে বায়ুমণ্ডলে সূর্য্যে প্রতিদিন প্রায় 180° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখি কিন্তু জলের মধ্যে মাছ সূর্যকে 98° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখে।

উপরোক্ত শঙ্কুর বাহুর তাকাইলে মাছ জলের ভিতরস্থ বস্তু দেখিতে পাইবে। যেমন জলের ভিতরে একটি বস্তু S হইতে আলোক-রশ্মি জলতলে আপতিত হইলে আপতন কোণ 49° ডিগ্রীর বেশী হয়, সুতরাং রশ্মিটি জলতল দ্বারা পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া মাছের চোখে পৌছাইবে এবং বস্তুটিকে S' অবস্থানে দেখা যাইবে। এই কারণে মাছের চোখ সমস্ত জলতলকে চক্চকে আয়নার মত দেখিবে; শুধু ঐ আয়নাতে একটি গোল ছিদ্র থাকিবে যাহার

বাস্যার্থ হইবে CP অথবা AP এবং ঐ ছিত্র দিয়া জলের উপরের সমস্ত বস্তু মাছের চোখে ধরা পড়িবে।

একটি পুকুরের পাড়ে চতুর্দিকে যদি কয়েকজন মানুষ দাঁড়াইয়া থাকে তবে জলের ভিতর মাছের চোখ ঐ মানুষগুলি এবং পাড়ের অগ্ন্যস্ত্র বস্তু ভেতাবে দেখিতে পাইবে তাহা ওন নং চিত্রে দেখানো হইল।



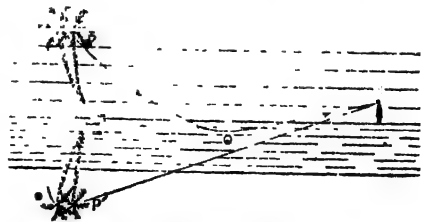
(৭) পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত :

মরুভূমিতে বা শীতপ্রদান দেশে কোন দূরের বস্তু সমক্ষে লোকেব একপ্রকার দৃষ্টিভ্রম (optical illusion) হয়। মরুভূমিতে মনে হইবে, কোন দূরের গাছপালা কোন জলাশয় কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং শীতপ্রদান দেশে মনে হয় কোন দূরের বস্তুর উষ্ণতা প্রতিবিম্ব আকাশে কুলিয়া আসছে। এই ধরনের দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা (mirage) বলে এবং ইহা আলোকের পূর্ণ প্রতিফলনের ফল হইয়া থাকে।

পূর্ব পাড়ার জিনিসগুলি জলের মধ্যে মাছের চোখে যেমন দেখাইবে
চিত্র ওন

মরুভূমির মরীচিকা :

মরুভূমিতে সূর্যের উদ্যাপে বারিা খুব উত্তপ্ত হয় এবং উহাৰ সংলগ্ন বায়ুস্তর উত্তপ্ত হয়। ফলে ঐ বায়ুস্তরের আয়তন বর্ধিত হয় এবং ঘনত্ব হ্রাস পায়। যত উপরে উঠে যায় তাপমাত্রা তত কম থাকে এবং তাহাৰ ফলে উপরে ক্রমশ ঘনত্ব বায়ুস্তর অবতান করে। দূরবর্তী একটি গাছের কোন বিন্দু P হইতে যে-কোন নিম্নগামী আলোক-রশ্মি শীতল বায়ুস্তর হইতে উত্তপ্ত বায়ুস্তরে (অর্থাৎ ঘনত্ব হ্রাস হইতে লঘুত্ব হ্রাস) বায়ুস্তর ফলে প্রতিফলিত হইবে এবং অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এইভাবে ক্রমশ বাকিতে বাকিতে অবশেষে এমন একটি স্তরে—যেমন Q স্তরে আসিয়া পৌছাইবে যখন আপতন কোণ সেই স্তর ও নীচ স্তরের সংকট কোণ অপেক্ষা



মরুভূমির মরীচিকা
চিত্র ওন

বেশী হইবে (3প নং চিত্র)। স্রতবাং তখন রশ্মির প্রতিসরণ না হইয়া আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং প্রতিফলিত রশ্মি উপর দিকে যাত্রা শুরু করিবে। এইবার বস্তু লঘুতর স্তর হইতে ঘনতর স্তরে প্রতিসৃত হওয়ায় ক্রমশ উপরে দিকে ঝুকিয়া যাইবে এবং অবশেষে মাত্রার চোখে যাইয়া পৌঁছাইবে। চোখ রশ্মি এই বক্রপথ অনুসরণ করিতে পাবিবে না। চোখ দেখিবে যেন বস্তুটি P' বিন্দু হইতে আসিতেছে। P' বিন্দু হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব এবং এইভাবে মানুষ সমগ্র গাছের একটা উল্টা প্রতিবিম্ব দেখিবে।

তাহাড়া, তাপমাত্রার অনবরত পরিবর্তনের ফলে বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক সর্বদা পরিবর্তিত হয়। ইহাব ফলে প্রতিদিনেই মুহূর্ত আন্দোলন হইতেছে বলিয়া মনে হয়, যেমন, বায়ুপ্রবাহের ফলে জলাশয়ে জল কম্পিত হইলে প্রতিবিম্ব গাছের আশে আন্দোলিত হয়। গাছ হইতে মোজাজুজি যে রশ্মি চোখে পৌঁছায় তাহাব ফলে গাছটিকে যথাগত দেখা যায়। এই সমীচীন মাত্রার চোখে জলাশয় কর্তৃক প্রতিবিম্বের গাছ হইয়াছে, এইরূপ দৃষ্টান্ত হয়।

শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা :

শীতের দেশে বায়ুস্তরের ঘনত্ব স্রত উপরে যাত্রা যার তত কমিয়া যায়। স্রতবাং কোন দূরের বস্তু হইতে যে আলোকরশ্মি উৎসর্গ হয় তাহা ঘনতর



শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা

চিত্র 3ক

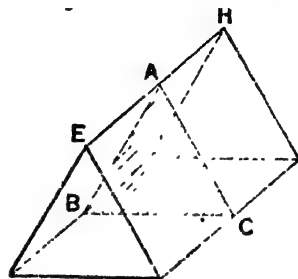
মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাওয়ার ফলে অভিলম্ব হইতে দূরে প্রতিসৃত হয় এবং এইভাবে ক্রমশ আপতন কোণ বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে এতদূর হইতে পূর্ণ প্রতিফলন হয়। তখন রশ্মি নিম্নগামী হইয়া মানুষের চোখে পৌঁছায়

এবং মনে হয় উপরের কোন এক বিন্দু হইতে আসিতেছে। এইরূপে সমগ্র বস্তুটির একটা উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে বুলন্ত অবস্থায় দেখা যায় (3ক নং চিত্র)।

3-17. প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a prism) :

প্রিজম : ইহা একটি কাচের ত্রিভুজাকৃতি ফলক যাহার তলগুলি পরস্পরের সহিত আনত (inclined) এবং যাহার প্রান্তবেগগুলি (edges) সব পরস্পর সমান্তরাল। 3নং চিত্রে একটি প্রিজমের ছবি দেখানো হইয়াছে।

EH প্রিজমের একটি প্রান্তবেগ। ABC প্রিজমের একটি ছেদ (section)। ইহাকে প্রিজমের প্রধান ছেদ (principal section) বলা হয়। ইহা প্রিজমের তিনটি প্রান্তবেগের সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে।

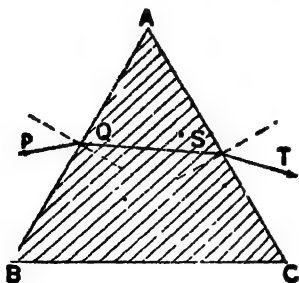


আমরা যখন প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ আলোচনা করিব তখন সবদা মনে

চিত্র 31

রখিব যে বস্তু প্রিজমের প্রধান ছেদের তলে (plane) অবস্থান করিতেছে। BAC বস্তুকে প্রিজমের প্রতিসারক কোণ ও BC-কে ভূমি বলা হয়। AB বা AC-কে প্রতিসারক পৃষ্ঠ (refracting surface) বলা হয়।

ধরা যাক, ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ। PQ একটি বস্তু AB তলে Q বিন্দুতে আপতিত হইবে। 3নং চিত্র :। এতদ্বারা আলোক-বস্তু কক্ষ মান্যমে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং QS প্রতিসৃত বস্তু AB তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে সরিয়া যাইবে। আলোক বস্তু



প্রিজমের মধ্য দিয়া বস্তুর গতিপথ

চিত্র 33

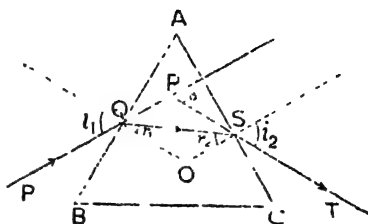
অর্থাৎ বস্তুটির পথের **চ্যুতি** (deviation) ঘটে। আপতিত বস্তু PQ-ব

AC তলে S বিন্দুতে আপতিত হইয়া পুনরায় বায়ুমাধ্যমে নির্গত হইবে। ইহাব ফলে বস্তু পুনরায় প্রতিসৃত হইবে এবং AC তলে অঙ্কিত অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া গিয়া ST সরলবেগায় নির্গত হইবে। ফলস্বরূপ PQST হইল আলোক-বস্তুর সমগ্র পথ। তঁহা স্পষ্টই দেখা যায় যে প্রিজমের ভিতর দিয়া যাওয়ার ফলে বস্তু প্রিজমের ভূমির (BC) দিকে বাকিয়া যায়

অভিমুখ ও নির্গম রশ্মি ST-র 'অভিমুখ পরস্পরের সহিত ঘে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে চ্যুতি-কোণ (angle of deviation) বলে।

চ্যুতি-কোণের পরিমাপ :

মনে কর, ABC প্রিজমের ভিতর দিয়া PQST হইল আলোক-রশ্মির সমগ্র পথ (3ম নং চিত্র)। PQ ও TS-বে বসিত কাঁবলে উঠা বা ঘে-কোণ উৎপন্ন হবে (৪) উঠাই হইল বসিয়া চ্যুতি-কোণ। AB তলে PQ বসিয়া আপতন কোণ i_1 এবং প্রতিফলন



চ্যুতি-কোণের পরিমাপ
চিত্র 3ম

কোণ r_1 এবং AC তলে QS বসিয়া আপতন কোণ i_2 এবং নির্গম কোণ r_2 এখন RQS ত্রিভুজের QR বাত বসিত করা হইয়াছে বসিয়া।

$$\text{বহিস্তকোণ } \delta = \angle RQS + \angle RSQ$$

$$= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

$$= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$$

এখন, AQOS চতুর্ভুজের সমস্ত কোণের সমষ্টি $= 4 \text{ rt } \angle$

$$\text{অর্থাৎ, } \angle A + \angle O + \angle AQO + \angle ASO = 4 \text{ rt } \angle$$

$$\text{কিন্তু } \angle AQO + \angle ASO = 2 \text{ rt } \angle S \quad \text{কারণ QO এবং SO}$$

যথাক্রমে AB ও AC তলে লম্ব।

$$\therefore \angle A + \angle O = 2 \text{ rt } \angle S$$

$$\text{আবার QSO ত্রিভুজের } \angle O + \angle r_1 + \angle r_2 = 2 \text{ rt } \angle S$$

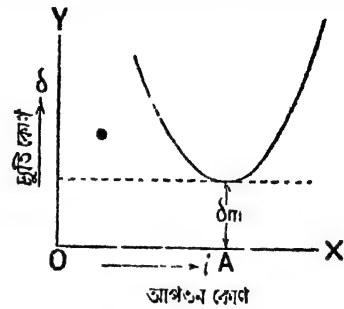
$$\therefore \angle A = \angle r_1 + \angle r_2$$

$$\text{তাহা হইলে, } \delta = i_1 + i_2 - A$$

318. ন্যূনতম চ্যুতির কোণ (Angle of minimum deviation) .

উপবাক্য সমীক্ষণ হইতে উহা স্পষ্ট বোঝা যায় যে কোন নির্দিষ্ট প্রতি-সারক কোণের প্রিজমের বেলাতে চ্যুতি কোণ δ আপতন কোণ i_1 -এব

উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, আপতন কোণ পরিবর্তন করিলে চ্যুতি-কোণও পরিবর্তিত হয়। কিন্তু দেখা গিয়াছে যে একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (minimum) হয়। অর্থাৎ, আপতিত রশ্মি ঐ নির্দিষ্ট কোণ অপেক্ষা বেশী অথবা কম কোণে আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ সবদা বাড়িয়া যায়। একটি বস্তুকে বিভিন্ন আপতন কোণে একটি প্রিজমের



চিত্র 3য .

উপর ফেলিয়া উহার বিভিন্ন চ্যুতি-কোণ নির্ণয় করিয়া আপতন-কোণ (i) এবং চ্যুতি-কোণ (δ) -এর ভিত্তি একটি লেখ (Graph) টানিলে উক্ত 3য নং চিত্রের মত হইবে। উহাকে $\delta-i$ লেখ বলা হয়। চিত্র হইতে সহজে দেখা যায় একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে (চিত্রে OA) বস্তু আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (δ_{min}) হয়। অর্থাৎ যেকোন আপতন কোণের বেলাতে চ্যুতি-কোণ বেশী হয়। চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইলে উহাকে **ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ** বলা হয় এবং কোন প্রিজমকে যদি এমনভাবে আপতিত করা যায় যে, আপতিত রশ্মি উক্ত নির্দিষ্ট আপতন কোণে প্রিজমের উপর পড়িয়া যাহাতে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইল তখন প্রিজমের ঐ অবস্থানকে **ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থান** (position of minimum deviation) বলে।

3-19. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (Refractive index of the material of a prism) :

আমরা দেখিযাছি, $\delta = i_1 + i_2 - A$

$$\text{এবং } A = r_1 + r_2$$

যদি কোন রশ্মি কোন প্রিজমের ভিত্তি দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে প্রতিফলিত হয়, তবে পরীক্ষা দ্বারা এবং গাণিতিক হিসাবের দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, আপতন কোণ $i_1 =$ নিগম কোণ r_2 - অর্থাৎ, যখন চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম

(δ_m) তখন $i_1 = i_2$. আবার ইহা সহজেই বোঝা যায় যে যখন $i_1 = i_2$ তখন $r_1 = r_2$; সুতরাং,

$$A = 2r_1 \text{ এবং } r_1 = \frac{A}{2}$$

$$\text{এবং } \delta_m = 2i_1 - A$$

$$\text{or, } i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$$

এখন AB তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে আপতন কোণ $= i_1$ এবং প্রতিসরণ কোণ $= r_1$. যদি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক ' μ ' বলা হয় তবে

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

সুতরাং ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ (δ_m) এবং প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক কোণ (A) জানা থাকিলে উপবোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক কোণ 60° এবং উক্ত প্রিজমের ভিতর দিয়া কোন বস্তুই ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 30° . প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[The refracting angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray passing through the prism is 30° . What is the R. I. of the material of the prism ?]

উ। এখানে $A = 60^\circ$ এবং $\delta_m = 30^\circ$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{অথবা, } \mu = \frac{\sin \frac{30 + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 45}{\sin 30} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 = \sqrt{2}$$

(2) কোন প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উহার উপাদানের প্রতিসারক 1.5. উহার ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত? [$\sin 48^\circ 36' = 0.75$]

[The refracting angle of a prism is 60° and the R. I. of its material is 1.5. What is the angle of minimum deviation? $\sin 48^\circ 36' = 0.75$]

উ। . এস্থলে $A = 60^\circ$ এবং $\mu = 1.5$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\therefore 1.5 = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin 30} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\frac{1}{2}}$$

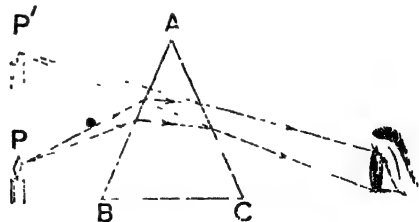
$$\text{or, } 0.75 = \sin \frac{\delta_m + 60}{2} \quad \text{or, } \sin 48^\circ 36' = \sin \frac{\delta_m + 60}{2}$$

$$\frac{\delta_m + 60}{2} = 48^\circ 36' \quad \text{or, } \delta_m = 17^\circ 12' - 60^\circ = 37^\circ 12'$$

3-20. প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image by a prism) :

বস্তু হইতে আলোক-বশি নির্গত হইয়া কোন মাধ্যম কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে সন বা অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, ইহা আমরা জানি। যেহেতু, প্রিজম একটি প্রতিসারক মাধ্যম (refracting medium), সেই হেতু প্রিজম বস্তু প্রতিবিম্ব গঠন করিতে পারে।

কিঞ্চ সাধারণভাবে কোন বিন্দু-প্রভব হইতে আলোক-বশি নির্গত হইয়া প্রিজম কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে ঐ প্রতিফলিত বশিগুলি কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় না বা নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে অপসৃত



প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3৬

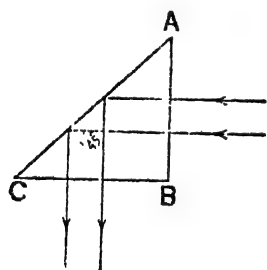
(diverge) হইতেছে বলিয়াই মনে হয় না। সুতরাং সাধারণভাবে প্রিজম কোন প্রভবের প্রতিবিম্ব গঠন করিতে না। কিন্তু যদি প্রিজমকে ন্যূনতম চ্যুতি-

কোণে স্থাপন করা যায় তবে ব্যাপারটা একটু অল্পরকম হইবে। মনে কর, একটি মোমবাতির শিখার যে কোন বিন্দু P হইতে একগুচ্ছ অপসারী আলোক-রশ্মি ABC প্রিজমের উপর পড়িল। প্রিজমটি ঐ রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত (3র নং চিত্র)। এক্ষেত্রে রশ্মিগুলি প্রতিসৃত হইবার পব চোপে এমনভাবে গিয়া পৌছাইবে যে মনে হইবে যেন উহার। P' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অর্থাৎ P' বিন্দু হইবে P বিন্দুর অসদ বিন্দু। এইরূপ হইবার কারণ এই যে প্রিজমটি রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত বলিয়া প্রতিসৃত হইবার পবও ঐ রশ্মিগুলির পারস্পরিক ব্যাবধান প্রায় পূর্বের মত থাকবে। সুতরাং, প্রিজমটিকে ইভাবে রাখিলে বস্তুর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে।

3-21 প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার (Some specific uses of prism) :

(i) পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম (Total reflection prism) :

ABC একটি সমাঙ্গুল সমকোণী (right angled isosceles) কাচের প্রিজম। একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লম্বভাবে AB তলে আপতিত হইলে রশ্মিগুলি মোটো প্রিজমের ভিতর প্রবেশ করিয়া এবং AC তলে আপতিত হইলে (3র নং চিত্র)। এতদ্বারা রশ্মির আপতন কোণ 45° , কিন্তু কাচ শু বায়ু সংকট কোণ 41.45° । সুতরাং, রশ্মিগুলির বাকি হইলে বায়ুতে প্রবেশ করিবার সময় সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হইতেছে।



৩৭ অংকন প্রিজম

চিত্র 3৭

এই অবস্থায় রশ্মিগুলির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং BC তলে লম্বভাবে আপতিত হইয়া দিক পরিবর্তন না করিয়া বায়ুতে নির্গত হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুলি মোট 90° ঘুরিয়া পুনরায় সমান্তরালভাবে নির্গত হইতেছে। এই ধরনের প্রিজমকে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম বলা হয়।

পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমের কার্যপ্রণালীর সঠিক সমতল দর্পণের কার্যপ্রণালীর অবিকল মিল আছে। কারণ, যদি মনে করা যায় যে ABC প্রিজমের

পরিবর্তে AC একটি সমতল দর্পণ তবে উপরোক্ত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ টিক পূর্বের মতনই প্রতিফলিত হইবে। এই কাৰণে অনেক আলোকীয় যন্ত্রে (optical instrument) রশ্মিৰ প্রতিফলনের জগ্ন সমতল দর্পণের পরিবর্তে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম ব্যবহাৰ করা হয়। কারণ, সমতল দর্পণ অপেক্ষা প্রিজমের কতগুলি সুবিধা আছে। সুবিধাগুলি নিম্নরূপ :

(a) সমতল দর্পণে স্ফাপেব এবং পিভনের দুইটি তলে আলোক প্রতিফলন ও প্রতিসরণের দকন প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল হয় না এবং একেব আঁক প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়া বিদ্যাস্তিৰ সৃষ্টি কবে। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে বশ্মিৰ পূর্ণ প্রতিফলন হয় বাল্গা একটি প্রতিবিম্ব তৈয়াবী হয় এবং উচা খুব উজ্জ্বল হয়।

(b) সমতল দর্পণে পাবদেব প্রলেপ থাকে। এ প্রলেপ নষ্ট হওয়া গেলে প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হয়। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে কোন কোন প্রলেপ না থাকায় প্রতিবিম্ব স্পষ্ট থাকে।

(c) সমতল দর্পণে বিক্ষেপণ (scattering) ছাড়া কিছু আলোক নষ্ট হয় কিন্তু প্রিজমে উচা হয় না।

(ii) প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম (Erecting prism):

এই প্রিজমের সাহায্যে কোন উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া বা সোজা করা যায়। উচা খাব কিছু নয়—পূর্বোক্ত সমতল দর্পণ সমতল দর্পণ প্রিজম। ABC হল

প্রিজম (এক নং চিত্র)। মনে

কর QP একটি মোনবাত্তিৰ

উল্টানো প্রতিবিম্ব। উচা

হইতে আলোকরশ্মি প্রিজমেব

অভ্যন্তরে প্রতিফলিত হইয়া BC

তলে আপতিত হইলে আন্তর

কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা

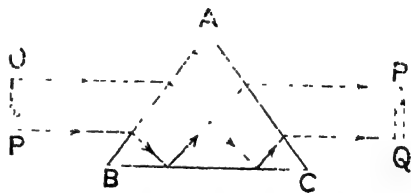
বেশী হইবে। ফলে বশ্মিৰ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। বশ্মিগুলি যখন প্রিজম

হইতে নিগত হইবে তখন উচাদের দিক চ্যুতি হইবে না কিন্তু অবস্থান

উল্টাইয়া যাইবে (চিত্র দ্রষ্টব্য)। ফলে, PQ প্রতিবিম্ব খাড়া দেখা যাইবে।

দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, পেরিস্কোপ প্রভৃতি মানাপ্রকাৰ আলোকীয় যন্ত্রে

উপরোক্ত প্রিজম ব্যৱহাৰ কৰিয়া উল্টানো প্রতিবিম্বকে খাড়া করা হয়।



• প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম
চিত্র ৩৭

সারাংশ

কোন স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যম হইতে আসিয়া আলোকরশ্মি অপর কোন মাধ্যমে ভিন্নকভাবে আপতিত হইলে হই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির গতির অভিমুখের পরিবর্তন হয়। ইহাকে আলোকের প্রতিসরণ বলে।

প্রতিসরণের সূত্র :

(১) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে বিভেদ-তলের উপরে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সবদা এক সমতলে থাকে।

(২) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয়।

হাটল-এর আলোকচক্র বা পিন দ্বারা উপরোক্ত সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

প্রতিসরাঙ্ক : যদি কোন আলোক-রশ্মি '১' মাধ্যম হইতে আসিয়া '২' মাধ্যমে উপব, কোণে আপতিত হয় এবং '২' কোণে '২' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তাহা হইলে

$$\mu_{21} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

μ_{21} কে '১' মাধ্যমের সাপেক্ষে '২' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাপেক্ষভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বসিলে বুঝিতে হইবে যে, আলো যমু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়াছে।

অভ্যাস্তরণ পূর্ণ প্রতিফলন :

যখন আলোক-রশ্মি ঘনতর মাধ্যম হইতে ন্যূন মাধ্যমে যায় এবং উভয় মাধ্যমের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোনে আপতিত হয়, তখন রশ্মিই আত্মপ্রবীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।

মুকতরলে বা শীতপ্রধান দেশে দূরব বস্তু সপক্ষে যে দৃষ্টিভ্রম হয়, তাহা অভ্যাস্তরণ পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত। এই দৃষ্টিভ্রমকে মণিচীকা বলে।

প্রথম একটি প্রকৃষ্টাকৃতি কাচের ফলক। প্রিজমেণ্ড ভিত্তি দিয়া যাইবাব ফলে আলোক-রশ্মির পথের চ্যুতি হয় এবং রশ্মি প্রিজমেণ্ড হ্রিমর দিকে বাকিয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

১. আলোকের প্রতিসরণ কাকে বলে? নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কিরূপে আলোকের প্রতিসরণ হয় তাহা ভাবি আঁকিয়া ব্যাখ্যা করি : (ক) বস্তু হইতে কাচে, (খ) জল হইতে বায়ুতে।

[What is refraction of light? Explain, by suitable diagrams, how refraction of light takes place in the following cases—(a) from air to glass and (b) from water to air.]

২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব দাও :—

- (ক) একটি দণ্ডকে আংশিক জলে ডুবাইলে বীক দেখায় কেন ?
- (খ) একটি জলপূর্ণ পাত্র একটু অগভীর মনে হয় কেন ?
- (গ) হুব অহুত গলেও কিছুক্ষণ দেখা যায় কেন ?

[Answer the following questions :—

(a) A stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water. Why ? [H. S. (comp), 1962]

(b) A vessel full of water appears shallower than it is. Why ? [H. S. (comp) 1960]

(c) The setting sun can be seen when it is already below the horizon. Why ?]

৩. প্রতিসরণের ন্যূন কি ? উচ্চদের সত্যতা পরীক্ষা করিয়ে দিকগণে ?

[What are the laws of refraction ? How would you verify them experimentally ?] [Cf. H. S. (comp) 1960]

৪. প্রতিসরাঙ্ক বলিতে কি বোঝ ? কোনটা প্রতিসরাঙ্ক ১ ও বলিলে কি বোঝায় ?

What do you mean by refractive index ? What does the statement that refractive index of glass is 1.5 mean ? [Cf. H. S. (exam.) 1962]

৫. আলোক মাধ্যম এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে যাইতে দেখা যাইবে যে এই ঘনত্বের বিভিন্ন মাধ্যমেই আলোকের গতির সম্পর্কিত ? নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে আলোক সারাংশ উচ্চদের ঘনত্বের ক্রমবর্ধমান মনি 'অনুযায়ী' মাজিঃ :—(ক) কাচ (খ) তাম্র (গ) তেল (ঘ) বরফ (ঙ) জল ।

[What do you understand by a medium being optically denser than another ? What relation has this density with the specific gravity of the medium ? Arrange the following substances in order of increasing optical density :—

(a) glass (b) turpentine (c) ice and (d) water.

৬. কোন মাধ্যমেই প্রতিসরাঙ্ক সর্বোচ্চ হইবে আলোকের প্রতিসরণ সম্পর্কিত ? নিম্নলিখিত মাধ্যমগুলির কোনটির তীব্রত্ব দিয়া আলোকের প্রতিসরণ সর্বাধিক দেখা এবং কোনটির তীব্রত্ব সর্বাধিক বলা :—(ক) বায়ু (খ) জল (গ) কাচ (ঘ) লালবর্ণের আলোকের গতিবেগ বেগের চাহিত ক্রম দিয়া বলা ?

[How is the refractive index of a medium related to the velocity of light in that medium ? In which of the following media does light travel fastest and in which slowest :—(a) air (b) water (c) glass ? Does red light travel faster or slower than the violet light ?]

৭. জ্যামিতিক অঙ্কন দ্বারা প্রত্যক্ষ প্রমাণ দিয়া নিম্নলিখিত কয়টি সত্যতা প্রমাণ কর । একটি জলপূর্ণ জলের উত্তমতল হইতে ৬ inches উচ্চতর একটি ক্ষুদ্র বস্তু ০ ঘ. চ. ০ হইতে ৬০টি বাঁশ্ব নিগত হইয়া একটি জলতলে আলোকিত হইয়া এবং অপরটি ৪০° আপতন কোণে

আপতিত হইল। ফেল অভ্যাসী জ্যামিতিক অঙ্কন দ্বারা এই রশ্মি দুইটির প্রতিফলিত রশ্মির পথ নির্ণয় কর। জলের প্রতিসরাঙ্ক = $\frac{4}{3}$ ।

[Explain how the path of a refracted ray may be determined by geometrical construction.]

A small object O is situated 6 inches above the surface of water in a pond. Construct on a scale diagram the paths of two refracted rays corresponding to incident rays from O, one perpendicular to the surface of water and the other having an angle of incidence 30° . Refractive index of water = $\frac{4}{3}$.]

8. একটি সমান্তরাল ফলকের ভিতর দিয়া আলোক-রশ্মির প্রতিসরণ হইলে আপতিত রশ্মি ও নিগম রশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল হয়, ইহা প্রমাণ কর। এই ক্ষেত্রে রশ্মির পার্শ্ব-সরণ কত হইবে?

[Prove that when a ray is refracted through a parallel slab, the incident ray and the emergent ray are parallel to each other. What is the lateral shift of the ray?] [Cf. H. S. Exam. 1963]

9. 'a' এবং 'b' দুইটি মাধ্যম। প্রমাণ কর, $a\mu_b = \frac{'b' \text{ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক}}{'a' \text{ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক}}$

বায়ু মাধ্যম জলের প্রতিসরাঙ্ক 1.33 এবং বায়ু মাধ্যম তেল মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.45; হাল মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.50 হলে হাল মাধ্যম জলের প্রতিসরাঙ্ক কত?

['a' and 'b' are two media. Prove that $a\mu_b = \frac{\text{refractive index of 'b'}}{\text{refractive index of 'a'}}$

Refractive index of water with respect to air is 1.33 and that of an oil with respect to air is 1.45. What are the refractive indices of oil with respect to water and water with respect to oil? [Ans. 1.07; 0.9]

10. একটি কাচের পাত্রের ভিতর দিয়া কোন বস্তুকে যে দৃষ্টান্তি দেখিলে স্পষ্ট প্রকৃত অবস্থান ও আপতিত অবস্থানের ভিতর সংশ্লিষ্ট নির্ণয় কর।

[Obtain a relation between the real and apparent positions of an object when it is viewed normally through a block of glass. [H. S. Exam 1964]

11. 4 cm. উচ্চ একটি কাচের পাত্রের তলায় একটি ছবি আঁটকানো আছে। ছবিটিকে সোজাভাবে দেখিল কতটা উঠিয়া আছে বলিয়া মনে হইবে? কাচের প্রতিসরাঙ্ক = 1.6.

[A picture is stuck at the bottom of a block of glass 4 cm high. How far will it appear to be raised when viewed perpendicularly? R. I. of glass = 1.6.] [Ans. 1.6 cm.]

12. 1 ইঞ্চি পুরু একটি কাচের তলায় একটি চিহ্ন আছে। চিহ্নটিকে সোজাভাবে দেখিলে মনে হয় পাত্রে উপরতল হইতে উঠা 0.64 ইঞ্চি তলায়। কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত?

[A dot lies at the bottom of a glass slab 1 inch thick. When the dot is viewed normally, it appears to be 0.64 inch below the upper surface of the block. What is the R. I. of glass?] [Ans. 1.67]

13. বায়ু এবং অস্ত্র একটি ঘন মাধ্যমের বিভেদ-তল হইতে 12' দূরে বায়ুমধ্যে একটি বৈদ্যুতিক বাতি রাখা আছে। ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 ; বিভেদ-তল হইতে 10' নীচে ঘন মাধ্যমের মধ্যে চোখ রাখিয়া বাতিটিকে দেখিলে বাতিটি কোথায় অবস্থিত বলিয়া মনে করিবে ?

[An electric bulb is placed in air at a distance of 12' from the surface of separation of a denser medium of refractive index 1.5. It is viewed through the denser medium from a distance of 10' below the surface of separation. Find the distance where the bulb will now be seen]

[Ans. চোখ হইতে 28' দূরে]

14. একটি জলপূর্ণ পাত্রেব তলায় একটি বস্তু আছে এবং একটি লোক এমনভাবে দাঁড়াইয়া আছে যে ঐক পাত্রেব কিনারা দিয়া বস্তুটিকে দেখিতে পায়। এখন যদি পাত্রেব জল সবাইয়া ফেলা হয় তবে সে কি দেখিবে ?

[A substance is placed at the bottom of a basin full of water and a person stands in such a position that he can just see it over the edge of the basin. While he is looking, the water is drawn off. How will this affect his view ?]

15. একটি কাচের চৌবাচ্চায় একটি মাছ আছে। জলের তলের উপর হইতে কোন লোক তাকাইয়া চৌবাচ্চায় ক্রটি না' দেখিতেছে। ইহা কি কারণে সম্ভব হইতে পারে বন্ধাইয়া দাও এবং উহা একটা নকশা আঁক।

[A fish swims in a glass tank, a person whose eyes are above the level of the water seems to see two fish. Draw a diagram to illustrate this and give any explanation you think necessary]

16. একটি আলোক-বর্ণা একটি আপত্যকণের কাচের প্রকেব অভাখ্যেব চুকিয়া নীচু তলে আপত্যিত হইল। উহাৰ আপত্যন কোণ 80° ; বর্ণাৰ কিছু অংশ নীচুতল কর্তৃক কাচের ভিতর প্রতিফলিত হইল এবং বাকী অংশ বায়ুতে নিগত হইল। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হইলে নিগত বর্ণা ও প্রতিফলিত বর্ণাষ্মেষেব মাধ্য কোণ নিগণ কর। ($\sin 48^\circ 40' = 0.75$)

[A ray of light travelling within a rectangular glass block falls on one of the faces of the block at an angle of incidence 80° . Some of the light is reflected internally and the rest emerges into air. Given that the refractive index of glass for the light is 1.5, calculate the angle between the internally reflected ray and the emergent ray. $\sin 48^\circ 40' = 0.75$]

[Ans. $101^\circ 20'$]

17. একটি সমান্তরাল তল-বিশিষ্ট কাচপ্লেটের মধ্য দিয়া লম্বভাবে একটি বস্তুকে দেখা হইতেছে। প্লেটের বেধ 'd' এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে প্রমাণ কর যে দর্শকের দিকে বস্তুর আপাত সরণ $= \frac{(\mu-1)d}{\mu}$.

[An object is viewed through a plane parallel plate of glass of refractive index μ and thickness 'd', the line of sight being normal to the plate. Prove that the object is apparently displaced towards the observer through a distance $\frac{(\mu-1)d}{\mu}$.]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(ক) একটি পুরু কাচের দর্পণে বস্তু অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায় কেন? (খ) নক্ষত্র-গুলি ঝিকমিক্ করে কিন্তু গ্রহগুলির আলো স্থিতি কেন? (গ) কাচ স্বচ্ছ কিন্তু কাচের গুঁড়া অস্বচ্ছ কেন? কাচের গুঁড়ায় জল ঢালিলে উহা পুনরায় স্বচ্ছ হয় কেন?

[Answer the following questions :--

(a) Why does a thick glass mirror form more than one image of an extended object (H. S. Exam. 1963) (b) Stars twinkle but planets emit steady light. Why? (c) Glass is transparent but powdered glass is opaque. If water is sprinkled on powdered glass, it becomes transparent again. Why?]

19. তুমি একটি অগভীর জলাশয়ের মাঝখানে দাঁড়াইয়া আছ যে-জলাশয়ের গভীরতা সর্বত্র সমান। কিন্তু তোমার মনে হইবে যে তুমি যেখানে দাঁড়াইয়া আছ সেখানকার গভীরতাই সর্বাপেক্ষা বেশী। এইরূপ হইবার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this.]

[H. S. Exam. 1963]

20. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ কাকে বলে পৃথকভাবে বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে সংকট কোণ পাওয়া যাইবে কিনা বল :—

(ক) আয়োদ্য-বর্ণি বায়ু হইতে কাচে যাইতেছে।

(খ) আলোক-বর্ণি কাচে হইতে বায়ুতে যাইতেছে।

[Explain clearly what you mean by 'total internal reflection' and 'critical angle'. State whether critical angle is available in the following cases :—

(a) Light travels from air to glass.

(b) Light travels from glass to air.]

21. প্রতিসরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ এবং 'সংকট কোণ' ও 'আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন' ব্যাখ্যা কর। সংকট কোণ ও প্রতিসরাঙ্কের ভিত্তিতে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define 'refractive index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between critical angle and refractive index]

[H. S. Exam., 1960, '62 (comp), 1963]

22. (a) জলের প্রতিসরাঙ্ক 1.88 হইলে উহাৰ সংকট কোণ কত হইবে ?

(b) বায়ু সাপেক্ষ কোন মাধ্যমেৰ প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হইলে উহাদের মধ্যে সংকট কোণ কত হইবে ?

[(a) What will be the critical angle of water if its R. I. is 1.88 ?

[Ans. 49°]

(b) If the refractive index of a medium with respect to air be $\sqrt{2}$, what will be their critical angle ?]

[Ans. 45°]

28. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব লেখ :—

(ক) ভূসাক্ষি মাথা ধাতব বল জলে ডুবাঁইলে চক্চকে দেখায় কেন ?

(খ) কাচেৰ জানালাৰ ফাটল থাকিলে উহা চক্চকে দেখায় কেন ?

(গ) একটি খালি কাচেৰ বল জলপূর্ণ পাত্রে তিৰ্যকভাবে রাখিলে নিমজ্জিত অংশ চক্চকে দেখায় কেন ?

[Answer the following questions :—

(a) A smoked ball introduced in a beaker of water appears silvery white. Why ? [H. S. (comp) 1960]

(b) A crack in a glass pane when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?

(c) An empty test tube introduced in a beaker of water in a slanting position appears shining when looked from above. Why ?]

24 মণাচিকা কাকাবে বলে ? সন্দেহ নষ্টাব সাহায্যে মণাচিকা কিরূপে সৃষ্টি হয় তাহা বর্ণনা কব।

[What is a mirage ? Explain by diagrams, how it is formed.]

25 একটি স্থির জলশযেন h গভীরতায় একটি মাছ আছে। প্রমাণ কব যে মাছেৰ চোখে জলতল একটি গোল ছিদ্রযুক্ত আয়নাৰ জায় প্রতিভাত হইবে এবং ঐ ছিদ্রেৰ ব্যাসার্ধ হইবে $h/\sqrt{\mu^2 - 1}$. জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \mu$.

[A fish is at a depth of ' h ' in a still pond. Prove that the free surface of the pond will appear to the eye of the fish like a plane mirror with a circular hole and that the radius of the hole is $h/\sqrt{\mu^2 - 1}$. The R. I. of water $= \mu$]

26. বায়ু সাপেক্ষ জলের সংকট কোণ 48.5° হইলে প্রমাণ কব যে কোন ডুবুীর নিকট জলতলেৰ উপবিষ্ট সকল বস্তু 97° কোণেৰ একটি গম্বু মध्ये অবস্থিত বলিয়া মনে হইবে।

[If the critical angle of water relative to air be 48.5° , show that objects outside water will appear to a diver to be confined within a cone of angle 97° .] [H. S. (comp) 1963]

27. একটি মোমবাতিৰে একটি প্রিজম ও একটি সমান্তরাল তলনিশিষ্ট কাচফলকেন মধ্যে দিয়া দেখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান কিরূপ হইবে ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

[A candle flame is viewed through (a) a prism (b) a parallel sided glass slab. Explain, with the aid of neat diagrams, the apparent positions of the candle as seen by the eye.]

২৪. প্রিজম কাচকে বলে? প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার উল্লেখ কর। 60° প্রতিসারক কোণ বিশিষ্ট একটি প্রিজমের কোন তলে একটি আলোকবাহী লম্বভাবে আপতিত হইলে রশ্মিটির গতিপথ আঁকিয়া দেখাও। ধব, কাচের সংকট কোণ 42° এবং প্রিজমের দুইটি তল আছে।

[What is a prism? Explain some specific use of prisms. Trace the path of a ray falling normally on a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42° . Consider any two faces of a prism.]

[cf. H. S. Exam. 1960]

২৯. একটি সমকোণী সমদ্বিবাছ কাচের প্রিজম দ্বারা কিরূপে একটি আলোকবাহী 90° চ্যুতি ঘটানো যায় তাহা চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

একই বকম ববকেন একটি প্রিজম দ্বারা উল্লোভিত ঘটনা সম্ভব নয় কেন তাহা ব্যাখ্যা কর। কাচ-বায়ুর সংকট কোণ $= 41^\circ$; বরফ-বায়ুর সংকট কোণ $= 50^\circ$.

[Show, by means of a diagram, how a beam of light may be turned through 90° by an isosceles right-angled glass prism. Explain why the same effect could not be produced with a similar prism of ice. Critical angle for glass-air surface - 41° , critical angle for ice-air surface $= 50^\circ$]

৪০. ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কাকার বলে? প্রতিসারক কোণ ও ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ দ্বারা প্রিজমের উপাদানের প্রতিসারক নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

[What is the angle of minimum deviation? Establish the equation of the R. I. of the material of a prism in terms of the refracting angle and the angle of minimum deviation]

[cf. H. S. Exam. 1961]

৪১. একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং আলোকবাহী ঐ প্রিজমের অভিন্ন বৈ ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ উৎপন্ন করে তাহা 40° . প্রিজমের উপাদানের প্রতিসারক কত?

$$(\sin 50^\circ = 0.766)$$

[The angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray through the prism is 40° . What is the R. I. of the material of the prism? $\sin 50^\circ = 0.766$]

[Ans. 1.58]

৪২. একটি কাচের ত্রিভুজের প্রতিসারক কোণ 90° এবং অস্থ দুইটি কোণ 45° ; কোন আলোকবাহী প্রিজমের কোন প্রতিসারক তলে লম্বভাবে আপতিত হইলে, কিভাবে প্রতিস্থত হইবে তাহা ছাঁচ আঁকিয়া বুঝাও। ঐ ক্ষেত্রে চ্যুতি কত হইবে? উহা ব্যাখ্যা কর।

[A glass prism has a refracting angle of 90° , the other angles being 45° . Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces. What is the deviation produced? Explain the phenomenon involved.]

[H. S. (comp) 1961]

চতুর্থ পৰিচ্ছেদ

লেঙ্গ ও উহার কাৰ্যপ্ৰণালী

[Lenses and their actions]

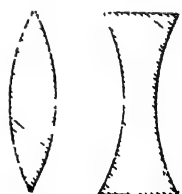
4-1. সূচনা :

বহু পূৰ্বকাল হইতে লেন্সেৰ ব্যৱহাৰেৰ প্ৰমাণ পাওয়া গিয়াছে। সমাদ্ৰবাল ৱাশ্বিগুচ্ছকে এক বিন্দুতে কেন্দ্ৰীভূত কৰিবাঃ যে ক্ষমতা লেন্সেৰ আছে তাহা বহু পূৰ্ব হইতেহ জ্ঞান ছিল এবং লেন্সেৰ এই ধৰ্মকে অবলম্বন কৰিয়া বহুশত বৎসৰ পূৰ্বে “Burning glass” বা আতশী কাচেৰ উদ্ভাৱন হইয়াছিল। 1857 খ্ৰীষ্টাব্দে লেন্সেৰ এই ধৰ্মকে অবলম্বন কৰিয়া একটি কাচেৰ গোলক নিৰ্মিত হইয়াছিল। এই গোলক দ্বাৰা সূৰ্যবশ্বিকে কেন্দ্ৰীভূত কৰিয়া দাঁটা ৬ মিনিট চিহ্নিত একখানি কাগজ দগ্ধ কৰিয়া সময় নিৰ্দেশ কৰিবাব ব্যৱস্থা কৰা হইয়াছিল। আধুনিক কালে চশমা, কামেৰা, ‘অণুবীক্ষণ, দূৰবীক্ষণ প্ৰভৃতি নানাবিধ প্ৰয়োজনীয় যন্ত্ৰপাতিতে লেন্সেৰ বহুল ব্যৱহাৰ দেখিতে পাওয়া যায়।

4-2 লেন্সেৰ সংজ্ঞা (Definition of lenses) :

কোন স্বচ্ছ প্ৰাতিসাবক (refracting) মাধ্যমকে যদি দুইটি গোলীয় (spherical) অথবা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তল দ্বাৰা সীমাবদ্ধ কৰা যায়, তবে সেই মাধ্যমকে **লেঙ্গ** বলা হয়।

যে-লেঙ্গের মধ্যস্থল মোটা এবং প্ৰান্তেৰ দিকটো সৰু তাকে **উত্তল (Convex)** বা **অভিসাৰী (Converging)** লেন্স বলে [4ক (i) নং চিত্ৰ]।
যে-লেঙ্গের মধ্যস্থল সৰু এবং প্ৰান্তেৰ দিকটো মোটা তাকে **অবতল (Concave)** বা **অপসাৰী (Diverging)** লেন্স বলে [4ক (ii) নং চিত্ৰ]।



(i) (ii)

উত্তল ও অবতল লেন্স

চিত্ৰ 4ক

4-3. বিভিন্ন প্রকারের লেন্স (Different types of lenses) :

লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া বিভিন্ন প্রকার লেন্স তৈয়ারী করা যাইতে পারে। যথা :—

(1) উভ্যন্তল (Double or bi-convex) : যে লেন্সের উভয়তল



(i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের উত্তল লেন্স

চিত্র 4খ

উত্তল তাহাকে উভ্যন্তল লেন্স বলে [4খ (i) নং চিত্র]।

(2) সমোত্তল (Plano-convex) : যে লেন্সের একটি তল সমতল ও অপরটি উত্তল তাহাকে সমোত্তল লেন্স বলে [4খ (ii) নং চিত্র]।

(3) অবতলোত্তল (Concavo-convex) : যে উত্তল লেন্সের এক দিক অবতল ও অপরদিক উত্তল তাহাই অবতলোত্তল লেন্স [4খ (iii) নং চিত্র]।

(4) উভ্যবতল (Double or bi-concave) : ইংগন উভয়দিক অবতল [4গ (i) নং চিত্র]।

(5) সমাবতল (Plano-concave) : এই লেন্সের একদিক সমতল এবং অপরদিক অবতল [4গ (ii) নং চিত্র]।



(i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের অবতল লেন্স

চিত্র 4গ

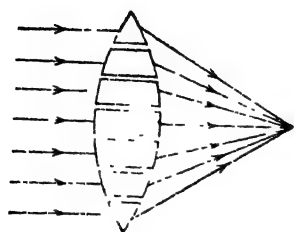
(6) উত্তলাবতল (Convexo-concave) : যে অবতল লেন্সের

একদিক উত্তল ও অপরদিক অবতল তাহাই উত্তলাবতল লেন্স [4গ (iii) নং চিত্র]।

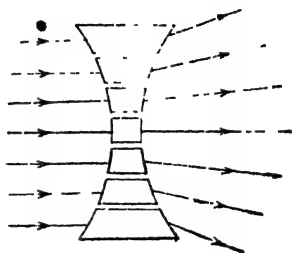
4-4. উত্তল লেন্সকে অভিসারী ও অবতল লেন্সকে অপসারী বলা হয় কেন ?

একটি উত্তল লেন্সকে 4ঘ (a) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রেব দিকে অভিমুখী। আমরা জানি, আলোক-রশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া গেলে প্রিজমের ভূমিব দিকে বাঁকিয়া যায়। সুতরাং যদি একগুচ্ছ

সমান্তরাল রশ্মি লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে ছোট ছোট প্রিজম দ্বারা বিচ্যুত হইয়া রশ্মিগুলি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী হইবে [4ঘ (a) নং চিত্র দ্রষ্টব্য]। এইজন্ত উক্ত লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।



(a)



(b)

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উক্ত লেন্স দ্বারা অভিসারী এবং অবতল লেন্স দ্বারা

অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হয়

চিত্র 4ঘ

ঠিক একইভাবে অবতল লেন্সকে ছোট ছোট প্রিজমে ভাগ করিলে প্রিজম-গুলির ভূমি লেন্সের প্রান্তের দিকে অভিমুখী হইবে। সুতরাং, এক্ষেত্রে রশ্মি-গুলির চ্যুতি বিপরীত হইবে [4ঘ (b) নং চিত্র]। ফলে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে যেন একটি বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে অর্থাৎ উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হইবে। এই কারণে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

4-5. লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা :

(i) বক্রতা-কেন্দ্র (Centre of curvature) :

লেন্সের উভয়তলই যদি গোলাীয় হয় তবে উহার প্রত্যেক একটি নির্দিষ্ট গোলকেব (sphere) অংশ হইবে। ঐ গোলকের কেন্দ্রকে ঐ তলের বক্রতা-কেন্দ্র বলা হয়। যেমন, LN লেন্সের উভয়তলই গোলাীয় (4ঙ নং চিত্র)। LMN যে গোলকের অংশ (কাটা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) উহার কেন্দ্র C_1 । সুতরাং LMN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইবে C_1 বিন্দু। ঐরূপ LPN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইল C_2 বিন্দু।

যদি লেন্সের কোন একটি তল গোলাীয় না হইয়া সমতল হয় তবে উহার বক্রতা কেন্দ্র অসীমে (infinity) অবস্থিত হইবে।

(ii) **বক্রতা-ব্যাসার্ধ** (Radius of curvature) :

লেভেলের কোন তল যে গোলকের অংশ হইবে ঐ গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ বলা হয়। LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ C_1M এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ হইবে C_2P (4ঙ নং চিত্র) ।

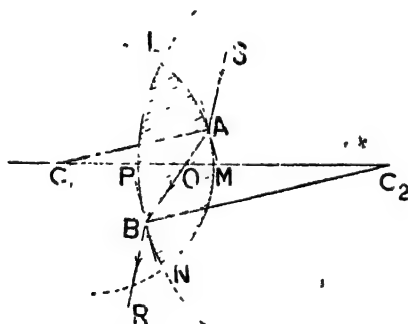
(iii) প্রধান অক্ষ (Principal axis) :

যদি লেন্সেব দুইতল গোলীয় হয় তবে উক্ত তলদ্বয়ের বক্রতা-কেন্দ্র দুইটিকে সংযুক্ত করিলে যে সম্বলরেখা পাওয়া যায় উহাকে ঐ লেন্সেব প্রধান অক্ষ বলে। 4ঙ নং চিত্রে C_1 এবং C_2 দুইতলের দুইটি বক্রতা-কেন্দ্র। সুতরাং C_1PMC_2 রেখা LN লেন্সেব প্রধান অক্ষ (4ঙ নং চিত্র)।

যদি লেন্সের একটি তল গোলাীয় এবং অপরটি সমতল হয় তবে গোলাীয় তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইতে সমতল তলের উপর লম্ব টানিলে উহাই ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ হইবে।

(iv) আলোক-কেন্দ্র (Optical centre) :

যদি কোন আলোক-বস্তু লেন্সের যে-কোন তলে এমন ভাবে আপতিত



○ ଦିନୁ ଜେନେବ ଆଲୋକ-କେନ୍ଦ୍ର

চিত্র 4.৬

4৬ নং চিত্রে SA একটি আলোক-বর্ণি LMN তলে

A বিন্দুতে আপতিত হইয়া লেন্সের দ্বিতরে AB পথে গমন করিল এবং BR পথে দ্বিতীয় তল হইতে SA অভিক্ষেপের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে AB এবং প্রধান অক্ষ C_1C_2 -এই রেখাদ্বয়ের ছেদ-বিন্দু O হইবে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র।

এখানে একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য এই যে, আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গম (emergent) রশ্মি BR পরস্পরের সমান্তরাল বটে কিন্তু উহারা পরস্পর হইতে খানিকটা পাশে সরিয়া যায়—এক লাইনে থাকে না। এই পার্শ্ব-সরণ (lateral displacement) লেন্স মোটা হইলে বাড়িয়া যায় এবং লেন্স সরু হইলে কমিয়া যায়। খুব সরু লেন্সের বেলাতে এই পার্শ্ব-সরণ এতই নগণ্য যে SA, AB এবং BK একই সরলবেধা বলিয়া ধরা যাইতে পারে। এই কারণে সরু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পাবে :—

সরু লেন্সের বেলাতে আলোক-কেন্দ্র উহাব প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন এক বিন্দু যে উহাব ভিতর দিয়া কোন আলোকরশ্মি গেলে উহাব কোন চ্যুতি বা সরণ হয় না—উহা সোজা পথে লেন্সের ভিতর দিয়া চলিয়া যায়।

[**উদ্যম :** যদি লেন্সের উভয় তলের বক্রতা-বাসার্ধ সমান হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরত্বী হইবে। যদি বক্রতা-বাসার্ধ সমান না হয় অথবা কোন তল সমতল হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরত্বী হইবে না।]

আলোক-কেন্দ্র একটি স্থির বিন্দু (Optical centre is a fixed point) :

যে কোন লেন্সের আলোক-কেন্দ্র লেন্সের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত হইবে—অর্থাৎ উহা একটি স্থির বিন্দু। নিম্নলিখিত উপায়ে উহা প্রমাণ করা যায় :—

১৬ নং চিত্রে A ও B বিন্দুতে উভয় পৃষ্ঠে একটি কণিয়া স্পর্শক-তল (tangent plane) টান। ঐ তলদ্বয়ের পরস্পরের সমান্তরাল হইবে, কারণ আমরা জানি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক দ্বারা বস্তু প্রতিফলিত হইলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম রশ্মি সমান্তরাল হয়। এক্ষেত্রে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গমরশ্মি B₁B সমান্তরাল হওয়ায় লেন্সের ঐ অংশকে সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। কাজেই A এবং B বিন্দুতে স্পর্শক-তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে। C₁A এবং C₂B সরলবেধাংশ টান। C₁A হইল LMN তলের বক্রতা-বাসার্ধ এবং A বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। অনুরূপভাবে, C₂B হইল LPN তলের বক্রতা-বাসার্ধ এবং B বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। সুতরাং C₁A এবং C₂B পরস্পরের সমান্তরাল। এই সকল কারণের জন্ত C₁AO এবং C₂BO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ (similar)।

কাজেই, $\frac{OC_1}{OC_2} = \frac{C_1A}{C_2B} = \frac{C_1M}{C_2P}$ [$C_1A = C_1M$ কারণ একই গোলকের ব্যাসার্ধ]

$$\therefore \frac{C_1M - OC_1}{C_2P - OC_2} = \frac{C_1M}{C_2P} \quad [C_2B = C_2P \text{ " " " "}]$$

অথবা $\frac{OM}{OP} = \frac{C_1M}{C_2P}$

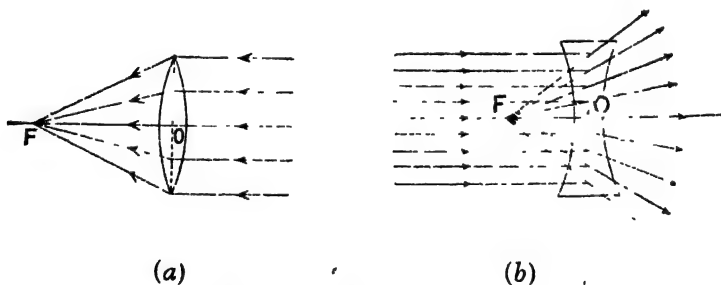
যদি LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_1 এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_2 হয় তবে $C_1M = r_1$ এবং $C_2P = r_2$, সেক্ষেত্রে,

$$\frac{OM}{OP} = \frac{r_1}{r_2}$$

অর্থাৎ, আলোক-কেন্দ্র O-বিন্দু PM সরলরেখাকে এমন ছুই অংশে ভাগ করিতেছে যাহাদের অনুপাত r_1 এবং r_2 -এর অনুপাতের সমান। কিন্তু বক্রতা-ব্যাসার্ধ দুইটি ধ্রুবক, কাজেই O বিন্দুর অবস্থানও ধ্রুবক—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু।

(v) **মুখ্য ফোকাস (Principal focus) :**

আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আসিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ



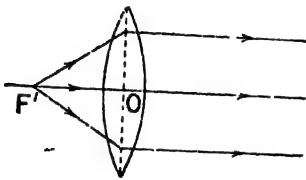
উত্তল এবং অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস

চিত্র 4৫

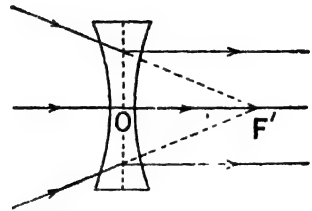
অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছের পরিণত হয়। অভিসারী রশ্মিগুচ্ছের পরিণত হইলে (উত্তল লেন্সের বেলাতে) উহা বা অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দুতে মিলিত হয় এবং অপসারী রশ্মিগুচ্ছের পরিণত হইলে (অবতল লেন্সের বেলাতে) অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দু হইতে

অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় [4চ (a) এবং (b) নং চিত্র]। উক্ত বিন্দুকে উক্ত লেন্সের মুখ্য ফোকাস বলা হয়। 4চ চিত্রে F বিন্দু লেন্সের মুখ্য ফোকাস।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকে। উপরে যে মুখ্য ফোকাসের কথা বলা হইল উহাকে **দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস** (second principal focus) বলা হয়। ইহা ছাড়া আর একটি মুখ্য ফোকাস আছে— ইহাকে **প্রথম মুখ্য ফোকাস** (first principal focus) বলে। নিম্নে ইহার ব্যাখ্যা করা হইল।



(a)



(b)

উত্তল ও অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস

চিত্র 4ছ

মনে কব, একটি উত্তল-লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর F' এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ বাঁশ্ব অপসৃত হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল এবং প্রতিসরণের পর বাঁশ্বগুচ্ছ প্রধান-অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল [4ছ (a) নং চিত্র]। এক্ষেত্রে F' বিন্দুকে উত্তল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস বলা হইবে।

তেমনি, যদি একগুচ্ছ অভিসারী বাঁশ্বকে এমনভাবে একটি অবতল লেন্সের দিকে পাঠানো হয় যে লেন্সের অবতরমানে উতাবা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত একটি বিন্দু F'-এ মিলিত হইত কিন্তু লেন্স কর্তৃক প্রতিসরণের ফলে উতাবা প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল, তাহা হইলে F' বিন্দুকে অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস বলিয়া গণ্য কবা হইবে [4ছ (b) নং চিত্র]।

সুতরাং লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ অপসারী রশ্মি নির্গত হইয়া (উত্তল লেন্সের বেলাতে) অথবা একগুচ্ছ অভিসারী রশ্মি উহার দিকে অগ্রসর হইয়া (অবতল লেন্সের বেলাতে) লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হয়।

[**উদ্ভব :** লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকিলেও প্রতিবিম্ব গঠন সম্পর্কে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস কার্যকর হয়। এই কারণে সাধারণভাবে লেন্সের ফোকাস বা মুখ্য ফোকাস বলিতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসকেই বুঝায়।]

(iv) ফোকাস-দূরত্ব (Focal length) :

লেন্সের আলোক কেন্দ্র O হইতে প্রধান অক্ষ বরাবর যে-কোন মুখ্য ফোকাস F অথবা F' পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস-দূরত্ব বলে।

তবে, মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের উভয় পার্শ্বে মাধ্যম এক না হইলে O বিন্দু হইতে F এবং F' -এর দূরত্ব সমান হইবে না। সেক্ষেত্রে প্রথম মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে প্রথম ফোকাস-দূরত্ব (first focal length) এবং দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে দ্বিতীয় ফোকাস-দূরত্ব (second focal length) বলা হইবে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাউক যে উভয় লেন্সের ফোকাস দূরত্ব সমান কিন্তু অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ঋণাত্মক।

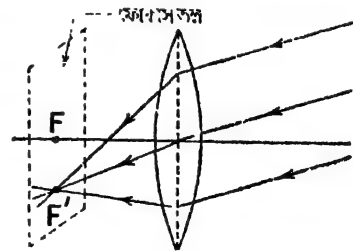
(vii) ফোকাস-তল (Focal plane)

কোন লেন্সের মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া এবং প্রধান অক্ষের সহিত লম্বভাবে একটি তল (plane) করিয়া কবিলে উহাকে লেন্সের ফোকাস-তল বলা হয়।

(viii) গৌণ ফোকাস (Secondary focus) :

যদি এক গুচ্ছ সমান্তরাল বর্ণি উভয় লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্ত্রিক কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের ফলে বর্ণিগুচ্ছ

অভিসারী বর্ণিগুচ্ছ পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দুতে মিলিত হয়। ৪জ (a) নং চিত্রে F উত্তল লেন্সের মুখ্য-ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেগানো হইয়াছে। প্রধান অক্ষের সহিত

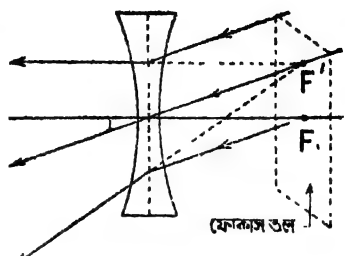


F' বিন্দু উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র ৪জ (a)

আনত সমান্তরাল বর্ণিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F' বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে। F' উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস।

তেমনি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্ত্র কোণ করিয়া লেন্সের উপর আগতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। 4জ (b) নং চিত্রে F অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস এবং কার্টা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পব F' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। F' অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস।



F' বিন্দু অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস
চিত্র 4জ (b)

মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের (উত্তল অথবা অবতল) মুখ্য ফোকাস স্থির বিন্দু—কিন্তু গৌণ ফোকাস স্থির বিন্দু নয়।

(ix) উন্মেষ (Aperture) :

লেন্সের আকার গোল। তাই সাধারণভাবে লেন্সের ব্যাসকে উন্মেষ উন্মেষের পরিমাপ বলিয়া ধরা হয়।

এই পুস্তকে যে লেন্স সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে উন্মেষ উন্মেষ ছোট— অর্থাৎ আকারে উন্মেষ ছোট এবং উন্মেষ খুব সৰু বলিয়া ধরা হইবে।

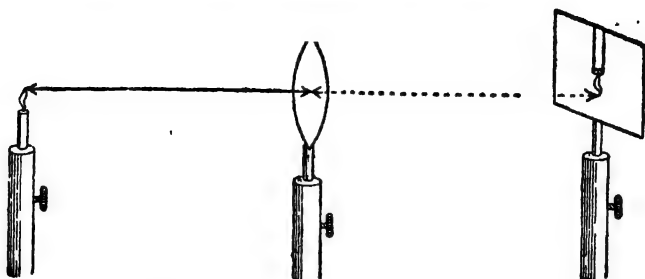
4-6. লেন্স কর্তৃক বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image of an object by lenses) :

আমরা জানি যে কোন বস্তু হইতে নির্গত আলোক রশ্মি যদি প্রতিফলিত হয়, তবে ঐ প্রতিফলিত রশ্মি বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রতিফলিত রশ্মিগুলি যদি কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর সদৃশ প্রতিবিম্ব এবং যদি কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর অসদৃশ প্রতিবিম্ব। যেহেতু, লেন্স একটি প্রতিসারক (refracting) মাধ্যম, অতএব লেন্স উপবাস্তু পদ্ধতিতে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে সক্ষম। প্রকৃতপক্ষে লেন্স দ্বারা আমবা বস্তুর সদৃশ ও অসদৃশ বিম্ব তৈয়াবী করিতে পারি।

পরীক্ষা :

একটি মোমবাতির শিখা ও একটি দণ্ডে আবদ্ধ কাগজের পর্দা পরস্পর হইতে খানিকটা দূরে রাখো। এইবার অপর একটি দণ্ডে একটি উত্তল লেন্স

আটকাও এবং পর্দা ও শিখার মাঝখানে বসাও। এইবার লেন্সটিকে একটু অগ্র-পশ্চাৎ সরানো। দেখিবে লেন্সটিকে একটি বিশেষ জায়গায় রাখিলে



উত্তল লেন্স শিখার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতেছে

চিত্র 4ক

কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়িবে (4ক নং চিত্র)।

4-7. জ্যামিতিক উপায়ে প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Determination of the position of image by geometrical construction):

লেন্সেব অক্ষস্থিত কোন বিন্দুত বস্তুব প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে তাহা জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করিবার জন্য লেন্সেব নিম্নলিখিত গুণাগুণ মনে রাখিতে হইবে।

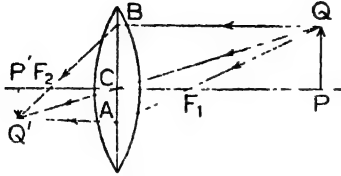
(i) কোন বস্তু যদি উত্তল লেন্সেব প্রথম মুখ্য ফোকাসেব ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় অথবা অবতল লেন্সেব প্রথম মুখ্য ফোকাসেব দিকে অগ্রসর হয় তবে লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পূর্বে উহা লেন্সেব অক্ষেব সমান্তরালভাবে চলিয়া যাইবে।

(ii) কোন বস্তু যদি লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে অগ্রসর হইয়া লেন্সেব উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের পর উত্তল লেন্সেব বেলাতে বস্তু দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া যাইবে এবং অবতল লেন্সের বেলাতে বস্তু দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইবে।

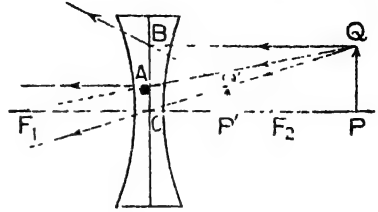
(iii) কোন বস্তু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইলে, বস্তুটি কোন বিচ্যুতি হইবে না—বস্তু সমাসরি একই পথে চলিয়া যাইবে।

4-৭ (a) এবং (b) নং চিত্র দুইটিতে উপবোক্ত তথ্য দেখানো হইয়াছে। বস্তু PQ লেন্সেব অক্ষের উপর লম্বভাবে দণ্ডায়মান। F_1 এবং F_2 লেন্সের প্রথম ও দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস। C লেন্সেব আলোক-কেন্দ্র। Q বিন্দু হইতে একটি

রশ্মি QA লেন্সের প্রথম মূখ্য ফোকাস F_1 বিন্দুর মধ্য দিয়া (অবতল লেন্সের বেলাতে F_1 বিন্দুর দিকে), দ্বিতীয় রশ্মি QB লেন্সের, অক্ষের সমান্তরালভাবে এবং তৃতীয় রশ্মি QC লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের অভিমুখে অগ্রসর হইয়া



(a)



(b)

চিত্র 4এ

লেন্সের উপর পড়িতেছে। এক্ষেত্রে, প্রতিসরণের পর উপবোক্ত নিয়মানুযায়ী উত্তল লেন্সের বেলাতে রশ্মিগুলি Q' বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং অবতল লেন্সের বেলাতে Q' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইতেছে। Q' বিন্দু হইতে অক্ষের উপর $Q'P'$ লম্ব টানিলে উহাট হইবে বস্তু প্রতিবিম্ব।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে উপবোক্ত তিনটি বস্তুবর্গ সহায়তা লষ্টবাব প্রয়োজন নাই; যে-কোন দুইটি বস্তু লইলেই প্রতিবিম্ব-অবস্থান নির্ণয় করা যাইবে।

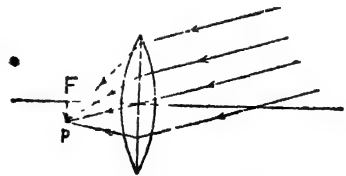
4-8. বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন (Formation of different images due to different object distances) :

বস্তু-দূরত্ব বিভিন্ন হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বিভিন্ন হয়। বস্তুকে বহুদূর হইতে লেন্সের খুব কাছে আনিলে প্রতিবিম্বের বিরূপ পরিবর্তন হয় জ্যামিতিক উপায়ে নিয়ে তাহাব আলোচনা করা হইল।

(ক) উত্তল লেন্স :

(1) বস্তু অসীমে অবস্থিত (Object at infinity) :

বস্তু অসীমে অবস্থিত হইলে তাহা হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয় তাহার পরস্পর সমান্তরাল ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের অক্ষের সহিত সামান্ত্রিক (inclined) হইয়া লেন্সে আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর ফোকাস-তলে (focal plane) অবস্থিত কোন বিন্দু p তে মিলিত হইবে (গৌণ ফোকাসে



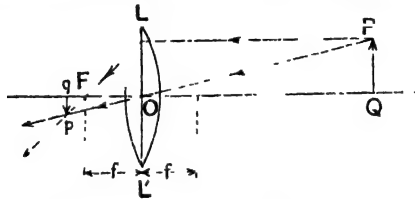
বস্তু অসীমে থাকিলে প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হয়

চিত্র 4ট (1)

সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। সুতরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাস-তলে অবস্থিত হইবে [4ট (i) নং চিত্র]। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা ও খুব ছোট হইবে। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য (objective) তৈয়ারী হয়।

(2) বস্তু লেন্স হইতে $2f$ এর বেশী দূরে অবস্থিত :

PQ একটি বস্তু [4ট (ii) নং চিত্র]। P বিন্দু হইতে PL ও PO রশ্মি নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পূর্বে p বিন্দুতে মিলিত হয়। p বিন্দু হইতে অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব মিলিবে।



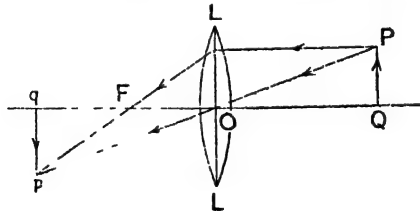
বস্তু $2f$ -এব বেশী দূরে ; প্রতিবিম্ব $2f$ এবং f -এব মধ্যে

চিত্র 4ট (ii)

চিত্র হইতে বোঝা যায় যে এই প্রতিবিম্ব f এবং $2f$ -এব মাঝে অবস্থিত। ইহা সদ, উল্টা এবং বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্র। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে ক্যামেরায় কার্যকর করা হয়।

(3) বস্তু লেন্স হইতে $2f$ দূরে অবস্থিত :

4ট (iii) নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে $2f$ দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা কিন্তু বস্তুর আকারের সমান। এনেক্ষ



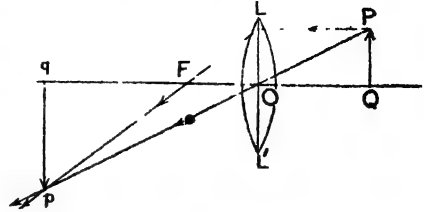
বস্তু-দূরত্ব $2f$; প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $2f$

চিত্র 4ট (iii)

লেন্স ভৌম দূরবীক্ষণ (terrestrial telescope) যন্ত্রে উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া করিবার জগ্ন ব্যবহৃত হয়।

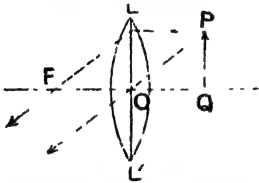
(4) বস্তু লেন্সে হইতে f এবং $2f$ এর মাঝে অবস্থিত :

PQ একটি বস্তু [4ট (iv) নং চিত্র]। বস্তুর প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা কিন্তু বস্তু অপেক্ষা আকাবে বড়। লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ম্যাজিক লর্গন, অগ্নীক্ষণ যন্ত্রেব অভিলক্ষ্য বস্তু f এবং $2f$ -এর মধ্যে; প্রতিবিম্ব $2f$ -এব বেশী দূরে চিত্র 4ট (iv)



(5) বস্তু ফোকাসে অবস্থিত :

4ট (v) নং চিত্রে PQ একটি বস্তু লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। এই অবস্থায় বস্তু হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইবে এবং অসীমে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে। এই প্রতিবিম্ব অতিশয় বর্ধিত। যে সমস্ত যন্ত্রে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়াবী করিতে হয়, সেমন—বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্র (spectrometer) সেখানে উল্লল লেন্সকে এইভাবে ব্যবহৃত করা হয়।

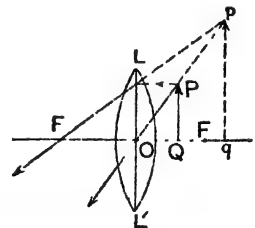


বস্তু ফোকাসতলে; প্রতিবিম্ব অসীমে

চিত্র 4ট (v)

(6) বস্তু f ও লেন্সের মধ্যে অবস্থিত :

4ট (vi) নং চিত্রে PQ বস্তু লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে অবস্থিত। এস্থলে P বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর কোথাও মিলিত হয় না। কিন্তু পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে মনে হয় p বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং p বিন্দু হইতে P বিন্দুর অসদ্বিষ। pq হইবে সমগ্র অসদ্বিষ। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে, বস্তু যেদিকে এই বিম্ব সেইদিকে

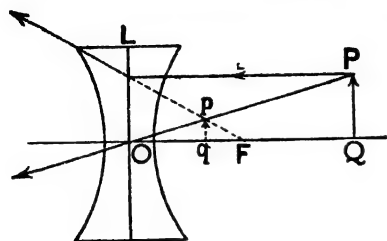


বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে, প্রতিবিম্ব অসদ্বিষ, সোজা ও বৃহত্তর

চিত্র 4ট (vi)

গঠিত হয়, ইহা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা আকারে বড়। লেন্সের এই ব্যবহারকে কার্যকর করিয়া বিবর্ধক কাচ (magnifying glass), অণুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র (eye-piece) তৈয়ারী হয়।

(খ) অবতল লেন্স : এক্ষেত্রে বস্তু যেখানেই অবস্থিত হউক না কেন



অবতল লেন্স সর্বদা অসদবিম্ব গঠন করে
চিত্র 4৪

প্রতিবিম্বের আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে। প্রতিবিম্ব সর্বদা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে এবং লেন্সের ফোকাস দ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত হইবে। 4৪ নং চিত্রে অবতল লেন্স কর্তৃক এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।

4-9. চিহ্নের নিয়ম (Convention of sign) :

বিভিন্ন স্থানে বস্তু লইয়া বিভিন্ন প্রতিবিম্ব গঠনবে যে আলোচনা পূর্ব অঙ্কচ্ছেদে করা হইল তাহা হইতে দেখা যায় যে প্রতিবিম্ব কখন কখন বস্তু ষে-দিকে সেইদিকে হইতেছে—কখন বা বিপরীত দিকে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বিবেচনা কবিতো গেলো উহাদের যথোপযুক্ত চিহ্ন (ধনাত্মক বা ঋণাত্মক) দিয়া লইতে হইবে। এই চিহ্ন দিবার নিয়ম নিম্নরূপ :

বস্তু, প্রতিবিম্ব অথবা ফোকাস দূরত্ব মাপিতে গেলে সর্বদা লেন্সের আলোক-কেন্দ্র হইতে মাপিতে হইবে। আলোক-কেন্দ্র হইতে বস্তু, ফোকাস অথবা প্রতিবিম্বের দিকে অগ্রসর হইবার সময় যদি আপাতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীত দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ধনাত্মক (positive) ধরা হইবে এবং যদি আপতিত আলোকের অভিমুখের দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ঋণাত্মক (negative) হইবে।

4৮ (a) নং চিত্রে উত্তল লেন্সের ফোকাস দেখান হইয়াছে। এখানে ফোকাস-দূরত্ব O হইতে F পর্যন্ত। কিন্তু O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোর অভিমুখের দিকে যাইতে হয়। সুতরাং, এই দূরত্ব ঋণাত্মক। কিন্তু অবতল লেন্সের বেলাতে O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীত দিকে যাইতে হয় [4৮ (b) নং চিত্র]। সুতরাং অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ধনাত্মক।

1934 খ্রিষ্টাব্দে লণ্ডনস্থ ফিজিক্যাল সোসাইটি চিহ্নের নিয়ম সম্পর্কে একটি নতুন স্থপারিশ করিয়াছেন। এই নতুন নিয়মটি নিম্নরূপ :—

- (1) সদ বস্তু, সদ প্রতিবিম্ব বা সদ ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক (+) ধরা হইবে।
- (2) অসদ বস্তু, অসদ প্রতিবিম্ব বা অসদ ফোকাসের দূরত্বকে ঋণাত্মক (−) ধরা হইবে।

এই নতুন নিয়মামুযায়ী উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক ও অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক হয়। এই পুস্তকে পুরাতন নিয়ম ব্যবহার করা হইয়াছে।

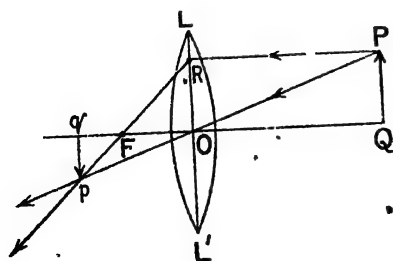
4-10. লেন্সের সাধারণ সূত্র (General formula for lenses) :

লেন্স কোন বস্তুব প্রতিবিম্ব গঠন কবিলে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O হইতে বস্তু পর্যন্ত দূরত্বকে বস্তু দূরত্ব (object distance) এবং প্রতিবিম্ব পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (image distance) বলা হয়। সাধারণত বস্তু-দূরত্বকে 'u' অক্ষর দ্বারা, প্রতিবিম্ব দূরত্বকে 'v' অক্ষর দ্বারা এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে 'f' অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়। এই বাণীগুলি পরস্পরের সহিত সম্পর্কযুক্ত এবং এই সম্পর্কে লেন্সের সাধারণ সূত্র বলা হয়। নিম্নবর্ণিত উপায়ে উত্তল এবং অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে সাধারণ সূত্রের প্রতিষ্ঠা করা যায়।

(i) উত্তল লেন্স ও সদ বিম্ব :

4ড (a) চিত্র দেখ। LOL' একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অনুলেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহা সদ ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

এখন pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কারণ,



চিত্র 4ড (a)

$$pq = RO = PQ$$

$$Fq = OF = OF$$

$$\therefore PQ = RO$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{Fq}{OF} \dots (i)$$

আবার, qpO এবং QPO

ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{qp}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{qp}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \dots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি ভুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে

$$\frac{Fq}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

অথবা, $\frac{Oq - OF}{OF} = \frac{Oq}{OQ} \dots (iii)$

4ড (a) চিত্রানুযায়ী, বস্তু দূরত্ব $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $\rightarrow Oq = -v$

ফোকাস-দূরত্ব $\rightarrow OF = -f$

(iii) নং সমীকরণে ইতি বসাইলে আমবা পাই,

$$\frac{-v - (-f)}{-f} = \frac{-v}{u}$$

অথবা, $\frac{f - v}{-f} = \frac{-v}{u}$

অথবা, $uf - uv = vf$

সমীকরণের উভয়দিকই একই বাণী uv দ্বারা ভাগ করিলে,

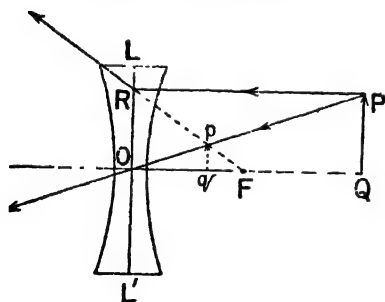
$$\frac{f}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

অথবা, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

ইহাই তটল লেন্সের সাধাবণ সূত্র।

(ii) অবতল লেন্স ও অসদৃশিম্ব :

4ড (b) নং চিত্রে LOL' একটি সন্ক ও ছোট অবতল লেন্স। PQ



চিত্র 4ড (b)

লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু 4-7 অন্তর্ভুক্ত বর্ণিত পদ্ধতি অনুসারে প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। এই প্রতিবিম্ব অসদৃশ ও সোজা।

এখন, pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{qF} = \frac{RO}{OF} = \frac{PQ}{OF} \quad [\because PQ = RO]$$

$$\frac{pq}{PQ} = \frac{qF}{OF} \quad (i)$$

আবার qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{qF}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

$$\text{অথবা } \frac{OF - Oq}{OF} = \frac{Oq}{OQ} \quad \dots (iii)$$

4ড (h) চিত্রানুযায়ী, বস্তু-দূরত্ব $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $\rightarrow Oq = +v$

ফোকাস-দূরত্ব $\rightarrow OF = +f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{f - v}{f} = \frac{v}{u}$$

$$\text{অথবা, } uf - uv = vf$$

সমীকরণেব উভয়দিকই একই বাশি uv দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

$$\text{অথবা } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

4-11. রৈখিক বিবর্ধন (Linear magnification) :

লেন্স দ্বারা বস্তুর যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহা বস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর হইতে পারে—অর্থাৎ লেন্সের বিবর্ধক ক্ষমতা (magnifying power) আছে। রৈখিক বিবর্ধন বলিতে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও বস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত বুঝায়। অর্থাৎ,

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন } (m) = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তুর দৈর্ঘ্য}}$$

4ড (a) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

তেমনি, 4ড (b) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

সুতরাং যে-কোন লেন্সের বেলায় রৈখিক বিবর্ধন, $m = \frac{v}{u}$

4ড (a) নং চিত্রে, উত্তল লেন্সের বেলাতে চিহ্নের নিয়মানুযায়ী u ধনাত্মক কিন্তু v ঋণাত্মক এবং চিত্রানুযায়ী প্রতিবিম্ব উল্টানো। আবার, 4ড (b) নং চিত্রে অবতল লেন্সের বেলাতে u এবং v উভয়েই ধনাত্মক এবং চিত্রানুযায়ী প্রতিবিম্ব সোজা। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে বিবর্ধন ঋণাত্মক হইলে উল্টানো প্রতিবিম্ব বুঝাইবে এবং ধনাত্মক হইলে সোজা প্রতিবিম্ব বুঝাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি বস্তু কোন উত্তল-লেন্স হইতে যথাক্রমে (a) 50 cm. ও (b) 15 cm. দূরে রাখা হইল। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm. হইলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে? বস্তুর সাইজ 2 cm. হইলে উক্ত প্রতিবিম্বদ্বয়ের সাইজ কত হইবে?

[An object is placed at a distance of (a) 50 cm and (b) 15 cm from a convex lens. If the focal length of the lens is 20 cm, what will be the position of the images? If the object is 2 cm. long, what will be the sizes of the images?]

উ। এখানে $u = +50$ cm., $f = -20$ cm. (উত্তল লেন্স)

(a) আমরা জানি, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

এক্ষেত্রে $\frac{1}{v} - \frac{1}{50} = -\frac{1}{20}$

$\therefore \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{50} = -\frac{3}{100}$

$\therefore v = -\frac{100}{3} = -33.3$ cm.

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে বস্তুর বিপরীত দিকে (ঋণাত্মক চিহ্নের জন্য) 33.3 cm. দূরে অবস্থিত।

এক্ষেত্রে বিবর্ধন $m = \frac{1}{u} = \frac{3}{50} = \frac{2}{3}$

\therefore প্রতিবিম্বের সাইজ = বস্তুর সাইজ \times বিবর্ধন
 $= 2 \times \frac{2}{3} = 1.33$ cm.



(b) এক্ষেত্রে $u = +15$ cm. ; $f = -20$ cm.

লেন্সের সাধারণ সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{15} = \frac{1}{60}$$

$$\therefore v = +60 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, বস্তু যেদিকে প্রতিবিম্ব লেন্সের সেইদিকে (খনাত্মক চিহ্নের ক্ষণ)
60 cm. দূরে অবস্থিত।

$$\text{এক্ষেত্রে বিবর্ধন, } m = \frac{v}{u} = \frac{60}{15} = 4$$

$$\therefore \text{প্রতিবিম্বের সাইজ} = \text{বস্তুর সাইজ} \times \text{বিবর্ধন} \\ = 2 \times 4 = 8 \text{ cm.}$$

(2) একটি বিন্দু প্রভবকে লেন্স হইতে 30 cm. দূরে রাখিলে বস্তু
বিপরীত দিকে এবং লেন্স হইতে 10 cm. দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সটি
কি ধরনের? উহার ফোকাস-দূরত্ব কত?

[When a point source is placed 30 cm. away from a lens, an image is formed on the other side of the lens and 10 cm. from it. What kind of lens is it? What is its focal length?]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব বস্তুর বিপরীত দিকে হইতেছে কাজেই প্রতিবিম্ব
সদ এবং লেন্স উত্তল। কারণ উত্তল লেন্স ছাড়া অবতল লেন্স কখনও সদ
বিম্ব গঠন করিতে পারে না।

$$\text{এস্থলে } u = 30 \text{ cm, } v = -10 \text{ cm (সদ বিম্ব) , } f = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore -\frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or, } -\frac{4}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{30}{4} = -7.5 \text{ cm.}$$

(3) একটি 5 cm. দীর্ঘ বস্তু উত্তল লেন্সের সম্মুখে ঋাড়া করা হইল। উহার 25 cm. দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 100 cm. দূরে অবস্থিত একখানি পর্দার উপর গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কব।

[An object 5 cm. high is placed perpendicularly in front of a convex lens. An image 25 cm. high is formed on a screen 100 cm. away from the lens. Calculate the focal length of the lens.]

উ। এস্থলে বিবর্ধন $m = \frac{25}{5} = 5$

কিন্তু $m = \frac{v}{u} = 5$, or, $v = 5u$

আবার, $v = 100$ cm. $\therefore u = 20$ cm.

এখন, প্রতিবিম্ব সদৃশ হয় (পর্দায় পড়িতেছে বলিয়া) উহার দূরত্ব ঋণাত্মক। সুতরাং এক্ষেত্রে $v = 100$ cm, $u = 20$ cm ; $f = ?$

লেন্সের সূত্র হইতে $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

or, $-\frac{1}{100} - \frac{1}{20} = \frac{1}{f}$ or, $-\frac{6}{100} = \frac{1}{f}$

$\therefore f = -\frac{100}{6} = -\frac{50}{3} = -16\frac{2}{3}$ cm.

(4) 10 cm. ফোকাস দূরত্বে একটি উত্তল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে একটি বস্তু আছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি হইবে? প্রতিবিম্বের বিবর্ধন কি হইবে?

[An object is placed 30 cm. in front of a convex lens of focal length 10 cm. Where will be the image formed? State the nature of the image. How many times is the image magnified or diminished?] [H. S. Exam., 1961]

উ। এক্ষেত্রে, $u = +30$ cm., $f = -10$ cm. (লেন্স উত্তল বলিয়া), $v = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

অতএব, $\frac{1}{v} - \frac{1}{30} = -\frac{1}{10}$

or, $\frac{1}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{10} = -\frac{2}{30} = -\frac{1}{15}$

$\therefore v = -15$ cm.

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 15 cm. দূরে হইবে। অপর পার্শ্বে ছায়া দ্রব প্রতিনিম্ব সদৃশ এবং উল্টা।

$$\text{এখন, বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তু দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হইবে।

(5) একটি লেন্স হইতে 50 cm. দূরে বস্তু রাখিলে লেন্সের অপর পার্শ্বে 200 cm. দূরে উহার প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্স হইতে বস্তুকে 10 cm. দূরে সবাইয়া লইলে প্রতিবিম্বের কত সরণ হইবে নির্ণয় কর।

[It is found that when an object is placed 50 cm. in front of a lens, the image is formed 200 cm. on the other side of it. Find the displacement of the image if the 'object is moved 10 cm. away from the lens.]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে গঠিত হইতেছে সেই হেতু বোঝা যাইতেছে যে লেন্সটি উত্তল।

$$\text{এখন, আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } v = -200 \text{ cm. , } u = +50 \text{ cm.}$$

$$\text{কাজেই, } -\frac{1}{200} - \frac{1}{50} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } -\frac{5}{200} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{200}{5} \text{ cm.} = -40 \text{ cm.}$$

ফোকাস-দৈর্ঘ্য ঋণাত্মক হওয়ায় লেন্সটি যে উত্তল তাহা সমর্থিত হইতেছে।

$$\text{এখন, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, } u = +60 \text{ cm. } f = -40 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} - \frac{1}{60} = -\frac{1}{40}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{60} - \frac{1}{40} = -\frac{1}{120}$$

$$\therefore v = -120 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ এইবার প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 120 cm. দূরে গঠিত হইবে অতএব প্রতিবিম্ব লেন্সের দিকে $(200 - 120) = 80 \text{ cm.}$ সরিয়া আসিবে।

(6) 20 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যের দুইটি উত্তল লেন্স পরস্পর হইতে 10 cm. দূরে বসানো আছে। উহাদের উভয়েরই অক্ষ এক। 5 cm. উচ্চ একটি বস্তু প্রথম লেন্সের সম্মুখে 15 cm. দূরে অক্ষের উপর লম্বভাবে বসানো আছে। চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Two convex lenses of focal length 20 cm. each are situated 10 cm. apart and have a common axis. An object 5 cm. in height is placed on the axis at a distance of 15 cm. in front of the first lens. Find the size and position of the final image.]

উ। এক্ষেত্রে, প্রথম লেন্সটি বস্তু প্রতিবিম্ব কোথায় গঠন করিতেছে তাহা নির্ণয় কবিতো হইবে, কাবন ঐ প্রতিবিম্বই দ্বিতীয় লেন্সের নিকট-বস্তু হিসাবে কার্য করিবে।

$$\text{এখন, আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{প্রথম লেন্সের বেলাতে, } u = 15 \text{ cm. , } f = -20 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{অতএব, } \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{1}{60}$$

$$\therefore v = +60 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ প্রথম লেন্সের যে-পার্শ্বে বস্তু সেই পার্শ্বেই প্রতিবিম্ব গঠিত হইতেছে (প্রতিবিম্ব দ্বারা ধনাত্মক বলিয়া) এবং লেন্স হইতে 60 cm দূরে অবস্থিত হইতেছে। কিন্তু লেন্স দুইটির ভিতর দূরত্ব 10 cm. হওয়ায় দ্বিতীয় লেন্স হইতে ঐ প্রতিবিম্বের দূরত্ব হইবে $(60 + 10) = 70 \text{ cm.}$; ঐ প্রতিবিম্ব-দূরত্ব হইবে দ্বিতীয় লেন্সের নিকট-বস্তু দূরত্ব। অর্থাৎ দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে,

$$u = 70 \text{ cm. ; } f = -20 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} - \frac{1}{70} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{70} - \frac{1}{20} = -\frac{5}{140} = -\frac{1}{28}$$

$$\therefore v = -28 \text{ cm.}$$

তাহাড়া, 'v' এর তুলনায় 'u' অতি বৃহৎ বলিয়া বিবৰ্ধন $\left(m = \frac{v}{u}\right)$ অতি সামান্য ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অতি ক্ষুদ্র হইবে।

(2 & 3) বস্তু '2f' দূরত্বে অথবা '2f' অপেক্ষা বেশী দূরে :

$$u = 2f, \text{ হইলে } \frac{1}{u} = \frac{1}{2f}$$

$$\text{এখন } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{1}{2f} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{2f}$$

$$\therefore v = -2f.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব 2f দূরে গঠিত হইবে এবং লেন্সের অপর পার্শ্বে অবস্থিত হইবে অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব সদৃশ হইবে।

$$\text{আবার, বিবৰ্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{2f}{2f} = 1$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ও বস্তু সমান আকারের হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম দূরত্বে 2f দূরে আনিলে প্রতিবিম্ব 'f' হইতে 2f দূরে সরিয়া যায়। অসীম এবং 2f দূরত্বের মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে সহজেই বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব 'f' এবং '2f'-এর মাঝামাঝি কোথাও হইবে। যেহেতু 'u' অপেক্ষা 'v' ছোট, সেহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

(4 & 5) বস্তু ফোকাস তলে অথবা 'f' এবং '2f' এর মাঝে :

$$u = f, \text{ হইলে } \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{f} - \frac{1}{f}$$

$$\therefore v = \infty.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসীমে গঠিত হইবে। যেহেতু, 'u' অপেক্ষা 'v' অতি বৃহৎ সেহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা বহুগুণ বৃহৎ হইবে।

দেখা যাইতেছে যে বস্তুকে $2f$ হইতে সরাইয়া ' f ' দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে অসীমে চলিয়া গেল। কাজেই, ' $2f$ ' এবং ' f ' এর মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্ব $2f$ এবং অসীমের ভিতর কোথাও গঠিত হইবে। এক্ষেত্রে ' u ' অপেক্ষা ' v ' বড় বলিয়া প্রতিবিম্ব বিবৰ্ধিত হইবে।

(6) বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে (Object is within ' f ')

$$\text{এক্ষেত্রে } u < f \text{ অর্থাৎ, } \frac{1}{u} > \frac{1}{f}.$$

$$\text{এখন আমরা জানি } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}.$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \text{দশাঙ্ক বাণী}$$

' v ' দশাঙ্কক হওয়ায় প্রতিবিম্ব ও বস্তু লেন্সের একই দিকে অবস্থিত হইবে, অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসদৃশ হইবে।

$$\text{আগার, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{f-u}{uf}$$

$$\text{যেহেতু } f > u, \text{ এবং } f = u + \delta$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{u + \delta - u}{(u + \delta)u} = \frac{\delta}{u^2 + u\delta}$$

$$\therefore v = u + \frac{u^2}{\delta}$$

$$= u + \text{দশাঙ্কক বাণী}$$

অর্থাৎ ' v ' u , সুতরাং প্রতিবিম্ব বিবৰ্ধিত হইবে।

অবতল লেন্স (Concave lens) :

অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য দশাঙ্কক হওয়ায় লেন্সের সাধারণ সূত্র অপরিবর্তিত থাকিবে।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$$

কাজেই, বস্তু যেখানেই থাকুক না কেন, ' v ' সবদা দশাঙ্কক, অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সবদা অসদৃশ।

এখন, $u = f$ হইলে,

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} \therefore v = \frac{f}{2}$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে ফোকাস দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দূরত্বে গঠিত হইবে।

আবার, $u = \infty$ হইলে, $\frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ $\therefore v = f$ অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম দূরত্বে সরাইয়া ফোকাস-দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব সর্বদা f এবং $\frac{f}{2}$ দূরত্বে মধ্য অবস্থিত থাকিবে। 'v' সর্বদা 'u' অপেক্ষা ছোট হওয়ায় অবতল লেন্স সব সময় ক্ষুদ্রতর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

যখন বস্তু লেন্সের খুব কাছে তখন, $u \simeq 0$ অর্থাৎ $\frac{1}{u} \simeq \infty$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f} \simeq \infty + \frac{1}{f} \simeq \infty$$

$$\therefore v = 0$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্সের খুব কাছে গঠিত হইবে।

4-13. অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় (Conjugate pair of foci) :

আলোক-বিশ্রাব পথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible) বলিয়া একটি লেন্স উত্তান অক্ষস্থিত কোন বস্তুবিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে ঐ বস্তুবিন্দু ও উহাব প্রতিবিম্ব উভয়েই অবস্থানেই অদ্যাবদল করা যায়। অর্থাৎ লেন্স বস্তুবিন্দু বস্তুবিম্ব গঠন করিলে বিধেব স্থানে বস্তু রাখিলে বস্তুব পূর্বোক্ত অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। কিন্তু বিম্ব অসদৃ হইলে একপ হইবে না। তখন আপতিত বস্তুগুলিকে এমনভাবে পাঠাইতে হইবে যেন লেন্সের অবর্তমানে অসদৃবিধেব স্থানে উহাবা একত্রিত হইতে চেষ্টা করে, তাহা হইলে লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর স্বব পক্ষেব অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

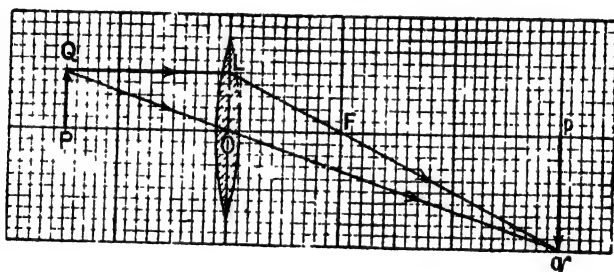
অক্ষস্থিত বস্তুবিন্দু ও উহাব প্রতিবিধেব অবস্থানেব এই পারস্পরিক বিনিময় সম্ভব বলিয়া উহাদেব **অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়** বলা হয়। আমবা জানি যে বস্তু-দূরত্ব (u) এবং প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (v) একটি সূত্রদ্বারা আবদ্ধ। সূত্রটি হইল $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, এই সূত্রটিকে মাঝে মাঝে অনুবন্ধী সম্পর্ক (conjugate relationship) বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

4-14. ছক কাগজের সাহায্যে লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধান (Solution of simple problems in connection with lenses by squared paper) :

লেঙ্গ সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধানের একটি সহজ উপায় হইতেছে ছক কাগজ। বিশেষত গাণিতিক উপায়ে সমাধানের পর প্রাপ্ত ফলের নিতুলতা পরীক্ষার ইহা একটি প্রকৃষ্ট পন্থা। নিম্নলিখিত দুইটি উদাহরণ হইতে এই পদ্ধতি পরিষ্কার বোঝা যাইবে।

(1) সদ্বিন্দু সম্পর্কিত সমস্যা :

মনে কব, একটি উত্তল-লেঙ্গের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. এবং উহার সম্মুখে 15 cm. দূরে একটি বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



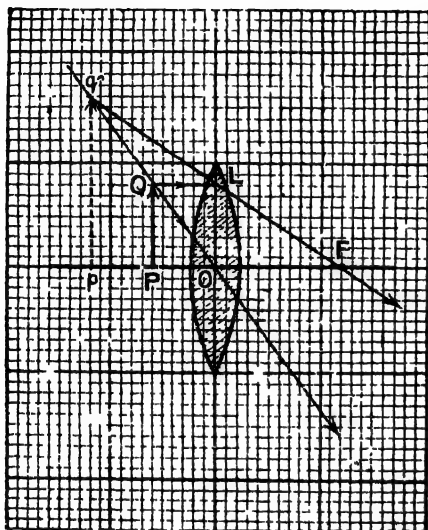
ছক কাগজের সাহায্যে সদ্বিন্দু সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4৫ (a)

4৫ (a) নং চিত্র দেখ। ছক কাগজে LO উত্তল লেন্স আঁকা হইয়াছে। ছক কাগজের এক একটি ক্ষুদ্রভাগকে 1 cm-এর সমান পরিমলে ফোকাস-বিন্দু F লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O বিন্দু হইতে 10 ভাগ দূরে হইবে। OF=10 ভাগ করিয়া F বিন্দু চিহ্নিত কর। বস্তু লেন্স হইতে 15 cm. দূরে। সুতরাং OP=15 ভাগ করিয়া P বিন্দু চিহ্নিত কর এবং বস্তুর দৈর্ঘ্য 5 ঘবের সমান করিয়া PQ বস্তু আঁক। সুতরাং বস্তুর উচ্চতা 5 cm. ধবা হইল। বস্তু, আলোক-কেন্দ্র ও ফোকাস নির্দিষ্ট হইবার পর 4-7 অন্তঃক্ষেপে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত কর। চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব pq (i) সদ্ব (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে 30 ঘব অর্থাৎ 30 cm. দূরে, (iii) উচ্চতায় 10 ঘব অর্থাৎ 10 cm.

(ii) অসদ্বিন্দু স্পর্শিত সমস্যা :

মনে কর, একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 6 cm. এবং উহার সম্মুখে 3 cm. দূরে একটি 4 cm. উচ্চ বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজেব সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



ছক কাগজেব সাহায্যে অসদবিন্দু স্পর্শিত সমস্যাব সমাধান

চিত্র 4c (b)

অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কন করিতে হইবে। 4c (b) নং চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব (i) অসদ্বিন্দু (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে 12 ঘর অর্থাৎ 6 cm দূরে এবং (iii) উহার উচ্চতা 16 বব অর্থাৎ 8 cm.

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী উপরোক্ত সমস্যা দুইটির সমাধান করিলে একই ফল পাওয়া যাইবে, বলা বাহুল্য যে অবতল লেন্সেব সমস্যাও উপরোক্ত পদ্ধতিতে সমাধান করা যায়।

[**দ্রষ্টব্য :** ছক-কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগের মান অসুত্মিক এবং উল্লম্ব দিকে একই লাইনে হইবে, ইহার কোন অর্থ নাই; আলাদা লওয়া যাইতে পারে। তবে মান উভয় দিকে সমান হইলে অঙ্কনের সুবিধা হয়।]

4c (b) নং চিত্রে O

হইল উত্তল লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। এক্ষেত্রে ছক কাগজেব প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগকে 0.5 cm-এব সমান দূরা হইয়াছে। সুতরাং OF = 12 ঘর = 6 cm. কনিষা লাইলে F হইবে লেন্সের ফোকাস-বিন্দু। তেমনি OP = 6 ঘর = 3 cm করিলে এবং PQ = 8 ঘর = 4 cm. করিলে বস্তুর অবস্থান এবং উচ্চতা নির্দিষ্ট হইবে। অর্থাৎ 4-7

4-15. লেন্সের ক্ষমতা (Power of a lens) :

মনে কর, দুইটি লেন্স আছে। একটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কম এবং দ্বিতীয়টির অপেক্ষাকৃত বেশী। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া আলাদাভাবে লেন্স দুইটির উপর আপতিত হয়, তবে উহারা লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইবে। প্রথম লেন্সটির বেলাতে ঐ বিন্দু লেন্সের যত কাছে হইবে দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে তাহা হইবে না। এক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রথম লেন্সটির ক্ষমতা দ্বিতীয় লেন্স অপেক্ষা বেশী। সুতরাং উত্তল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্সের কত কাছে একত্রিত করিতে পারে।

ঠিক অমুরূপ ভাবে অবতল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশী অপসৃত করিয়া দিতে পারে।

লেন্সের ক্ষমতা যত বেশী হইবে অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্স যত বেশী অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত করিবে তত উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হইবে। সুতরাং ক্ষমতা বৃদ্ধি পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়, আবার ক্ষমতা হ্রাস পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এত কাৰণে লেন্সের ক্ষমতা 'P' এবং ফোকাস-দৈর্ঘ্য 'f' হইলে, $P = \frac{1}{f}$

যে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 100 cm. উহার ক্ষমতাকে ক্ষমতার একক ধরা হয়। এই এককের নাম 'ডায়পটর' (diopetre)। উত্তল লেন্সের ক্ষমতাকে ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ক্ষমতাকে ঋণাত্মক গণ্য করা হয়।

যে উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 25 cm. উহার ক্ষমতা = $+\frac{1}{25/100} = +4$

dioptries। যে লেন্সের ক্ষমতা 2 dioptries, উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য =

$$\frac{100}{2} = 50 \text{ cm.}$$

4-16. সহজে লেন্স চিনিবার পদ্ধতি (Simple method of identification of lenses) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন বস্তুকে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের মতো অর্থাৎ খুব কাছে রাখিলে উচাব অসদ ও বিবর্তিত (magnified) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স উত্তল হয় এবং অসদ ও ক্ষুদ্রতর (diminished) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স অবতল হয়। কাজেই সহজ উপায়ে লেন্স চিনিতে হইলে লেন্সের সন্নিকটে একটি আদুল বাথ এর দ্বারা দিক হইতে উচাব প্রতিবিম্ব দেখ। যদি প্রতিবিম্ব আকারে বড় হয় তাহা হইলে উত্তল লেন্স উত্তল। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয় তাহা হইলে অবতল লেন্স অবতল।

4 17. UV পদ্ধতিতে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় (Determination of the focal length of a convex lens by U-V method) :

(i) শিখা ও পর্দার সাহায্যে :

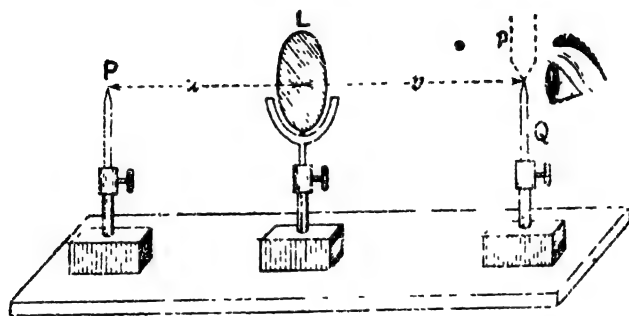
একটা চিহ্ন যেমন দেখানো হইয়াছে ইচ্ছা করিয়া একটি লেন্সের ও কাগজের পর্দার মাঝখানে একটি উত্তল লেন্স রাখ। মেয়ামাটির শিখার উচ্চতা এমন হওয়া উচিত যেন উত্তল লেন্সের অক্ষের উপর থাকে। উত্তল লেন্সটিকে অগ্র-পশ্চাৎ সলাইয়া যাতে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়ে।

এখানে শিখা হইতে লেন্সের দূরত্বকে u এবং পর্দা হইতে v লেন্স হইতে কাগজের পর্দা পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বা v বলা হইবে। এই দুই দূরত্বকে স্কেল দ্বারা মাপ। সূত্রবা u এবং v জানা থাকিলে $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ সমীকরণ হইতে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় করা যাইবে। এখানে একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে যে প্রতিবিম্ব সদ হওয়ায় u ঋণাত্মক। কাজেই সমীকরণে u -এর মান বসাইবার সময় ঋণাত্মক চিহ্নসহ বসাইয়া হিসাব করিতে হইবে।

শিখার দূরত্ব বদলাইয়া একুপ কয়েকবার পরীক্ষার পর f -এর গড় বাহির করিলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব পাওয়া যাইবে।

(ii) পিন দ্বারা (By pins) :

একটি লেন্স-ধারক (lens holder)-এ একখানি উত্তল লেন্স L আটকাইয়া টেবিলের উপর রাখ। লেন্সটির প্রধান অক্ষের (চিত্রে কাটা লাইন দ্বারা



পিন দ্বারা উত্তল লেন্সের ফোকাস নির্ণয়

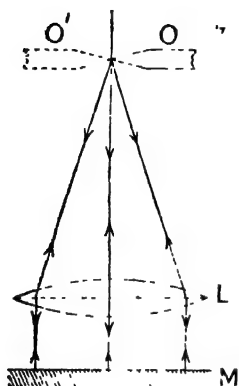
চিত্র 4০

অনুশীলিত) সহিত মিলিয়াইয়া একটি পিন P লেন্সটির বামদিকে রাখ। ডান দিকে হঠাৎ লেন্সটির ভিতর দিয়া P -পিন লেন্স কবলে উহার একটি উল্টা প্রতিবিম্ব p দেখা যাইবে (4তম চিত্র)। এখন আবার একটি পিন Q লেন্সের ডান দিকে এমনভাবে রাখ যে Q -এর অগ্রভাগ এবং উল্টা প্রতিবিম্ব p এর অগ্রভাগের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম (parallax) না থাকে। অর্থাৎ, চোখ একটু এদিক-ওদিক নাড়াটিলে উহার একই সঙ্গে একই দিকে নড়াচড়া করিবে। এই অবস্থায় P -পিনকে বস্তু এবং Q -পিনকে প্রতিবিম্ব বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। লেন্স হঠাৎ P -পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা ' u ' হইবে এবং Q পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা ' v ' হইবে। অতঃপর $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ এই সমীকরণের সাহায্যে (f -কে স্বাভাবিক দূরত্ব) f -এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

লেন্স অথবা P -পিনকে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিয়া উপরোক্ত পদ্ধতি তিন-চার বার করিলে এবং উহা হইতে গড় ' f ' নির্ণয় করিলে উহা লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বুঝাইবে।

4-18. সমতল দর্পণের সাহায্যে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় (Determination of the focal length of a convex lens by a plane mirror) :

কোন উত্তল লেন্সের (L) ফোকাস-বিন্দুতে যদি একটি বস্তু-বিন্দু (O) রাখা হয় তবে উক্ত বস্তু-বিন্দু হইতে রশ্মি নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার



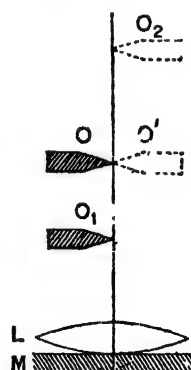
চিত্র 4খ

পর রশ্মিগুলি লেন্সের অক্ষের সমান্তরাল ভাবে চলিয়া যায় (4খ নং চিত্র)। এখন লেন্সের

পশ্চাতে একখানি সমতল দর্পণ (M) যদি এমনভাবে রাখা হয় যে উহার তল লেন্সের অক্ষের সহিত সমকোণ করে, তবে সমান্তরাল রশ্মিগুলি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হইবে এবং একই পথে সমান্তরাল রশ্মিরূপে প্রত্যাবর্তন করিবে। এই রশ্মিগুলি অতঃপর লেন্স কর্তৃক ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইয়া বস্তু-বিন্দুর স্থানে প্রতিবিম্ব (O') গঠন করিবে। এই নীতির উপর ভিত্তি

করিয়া উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

অন্তর্ভুক্তিক ভাবে রক্ষিত একটি সমতল দর্পণের উপর উত্তল লেন্সটি রাখা একটি তীক্ষ্ণাগ্র পিনকে অবলম্বনে সাহায্যে আটকাইয়া এমনভাবে বসানো যে পিনের অগ্রভাগ লেন্সের অক্ষের উপর থাকে এবং লেন্স হইতে কিছু উপরে অবস্থান করে (4দ নং চিত্র)। উপর হইতে দৃষ্টিপাত করিলে পিনের অগ্রভাগ এবং উহার প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। যদি পিনের অগ্রভাগ O_1 অবস্থানে থাকে তবে একটি সদৃশ এবং উল্টা প্রতিবিম্ব O_2 অবস্থানে দেখা যাইবে। এখন পিনটি উঠা-নামা করা হইয়া এমন অবস্থানে রাখা যাহাতে উহা এবং উহার প্রতিবিম্ব পরস্পর স্পর্শ করে এবং উহাদের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম না থাকে (যেমন O এবং O' অবস্থান)। এখন লেন্স হইতে পিনের অগ্রভাগ পর্যন্ত দূরত্ব একটি স্কেলের সাহায্যে মাপা হইবে। ইহাই হইবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব।



চিত্র 4দ

সারসংক্ষেপ

ছইটি গোলায় বা একটি গোলায় ও একটি সমতল তলদ্বারা সীমাবদ্ধ হচ্ছে প্রতিদারক মাধ্যমের অংশবিশেষকে লেঙ্গ বলে।

লেঙ্গ প্রধানত দুই প্রকার : (1) উত্তল বা অভিসারী, (2) অবতল বা অপসারী। তাছাড়া লেঙ্গের দু'ই তলের আকৃতির উপর নির্ভব করিয়া উত্তল বা অবতল গোষ্ঠীর নানাপ্রকার লেঙ্গ তৈয়ারী করা যায়।

বস্তু ছইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেঙ্গ কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে সদ বা অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

প্রতিবিম্বের বিবরণ = প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য
বস্তুব দৈর্ঘ্য

বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন :

বস্তুব অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের আকার	প্রতিবিম্বের আকৃতি	মন্তব্য
উত্তল লেঙ্গ :				
(1) অসীমে	ফোকাস তলে	খুব ক্ষুদ্র	সদ ও উল্টা	প্রতিবিম্ব দেখা যায় ও পর্দায় ফেলা যায়
(2) 2f অপেক্ষা বেশী দূরে	f এবং 2f এর ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	" "	" "
(3) 2f দূরে	2f দূরে	সমান	" "	" "
(4) f এবং 2f এর ভিতরে	2f অপেক্ষা দূরে	বৃহত্তর	" "	" "
(5) ফোকাসে	অসীমে	খুব বৃহৎ	" "	প্রতিবিম্ব দেখা যায় না বা পর্দায় ফেলা যায় না
(6) ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	বস্তুব দিকে	বৃহত্তর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়
অবতল লেঙ্গ :				
যে-কোন স্থানে	ফোকাস- দূরত্বের ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়

প্রশ্নাবলী

1. লেন্স কীভাবে বলে? উত্তল ও অবতল লেন্সের ভিতর তফাৎ কি? চিত্রদ্বারা বুঝাইয়া দাও কেন উভয়দেব যথাক্রমে অসমাবী ও অপসাবী লেন্স বলে।

[What is a lens? What is the difference between a convex and a concave lens? Explain, with the aid of diagrams, why they are called converging and diverging lenses respectively.] [H. S. Exam. 1964]

2. নিম্নলিখিত শব্দগুলির সংজ্ঞা বুঝাইয়া লেখ :—(ক) বক্রতা-কেন্দ্র (গ) আলোক-কেন্দ্র, (গ) ফোকাস, (ঘ) ফোকাস-দূরত্ব, (ঙ) উল্লম্ব।

[Explain the following terms :—(a) Centre of curvature (b) Optical centre (c) Principal focus (d) Focal length (e) Aperture] [H. S. Exam. 1961, '63]

3. প্রতিবিম্ব চবি অঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিভাবে উত্তল লেন্সে সন্নিবিষ্ট বস্তু ও অবতল লেন্সে অসন্নিবিষ্ট বস্তু গঠন করে।

[Draw neat diagrams to show how a convergent lens forms a real image and a divergent lens a virtual image] [cf. H. S. Exam. 1966]

4. সন্নিবিষ্ট ও অসন্নিবিষ্ট বস্তুকে বস্তু কী? উভয় অঁকিয়া দেখাও কীভাবে উত্তল লেন্সে বস্তু গঠন করে (a) সন্নিবিষ্ট ও (ii) অসন্নিবিষ্ট গঠন করে।

[Distinguish between a real and a virtual image. Show only by diagram how a convex lens can be made to give (i) a virtual, (ii) a real image of an object] [H. S. (comp.) 1961, '62]

5. কোন কোন ক্ষেত্রে অবতল লেন্সের ব্যবহার করা হয়? চিত্রসহ বর্ণনা দাও।

[What properties of a lens are utilised to find the position of the image of an extended object placed on the principal axis of a lens? Draw a diagram to illustrate your answer.] [H. S. (comp.) 1965.]

6. নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি পাঠিতে কোন কোন ধরনের লেন্স ব্যবহার করা হবে এবং বস্তুকে কোথায় নিশ্চয় রাখা হবে :—(ক) বিবর্নিত সন্নিবিষ্ট বস্তু (গ) বিবর্নিত অসন্নিবিষ্ট বস্তু (ঘ) সন্নিবিষ্ট অসন্নিবিষ্ট বস্তু (ঙ) সমান আকারের সন্নিবিষ্ট বস্তু। প্রত্যেক ক্ষেত্রে পদার্থবিজ্ঞানীকে।

[What kind of lens would you use and where the object is to be placed in order to get (a) a magnified real image (b) a magnified virtual image (c) a reduced real image (d) a reduced virtual image (e) a real image of same size.]

Draw neat diagram in each case]

7. তামাকের বলা হট্টল উত্তল এবং অবতল লেন্স দ্বারা কোন বস্তু গঠন করা যায় এবং কোথায় রাখা হবে? চিত্রসহ বর্ণনা দাও।

[You are asked to form an erect image of an object with the help of a convex and a concave lens. Mention the positions of the object and explain the formation of the images in each case with the aid of diagrams.]

৪. একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপের কোনও পরিবর্তন হয় তাহা হইল আঁকিয়া দেখাইয়া দাও। প্রত্যেক অবস্থানের বাস্তবিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[Explain, with the help of neatly drawn diagrams, the changes in the position, nature and size of the image of an object when the object is placed at different distances from a convex lens. Mention the practical application in each case]
[cf. H. S. Egan, 1960]

৯. একটি বস্তুকে একটি কনক্স লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপের কোনও পরিবর্তন হয় তাহা হইল আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[Deduce a relation between the object distance, the image distance and the focal length of a lens.]
[H. S. Egan, 1960, (comp) 1962]

১০. ২ cm. উচ্চ একটি বস্তুকে একটি কনক্স লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে (i) 50 cm. এবং (ii) 25 cm. দূরত্বে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপের কোনও পরিবর্তন হয় তাহা হইল আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[An object 2 cm. high, is placed at a distance of (i) 50 cm. and (ii) 25 cm. respectively from a concave lens of focal length 20 cm. Find the position and height of the images in the two cases.]

[Ans. (i) 15 cm., 0.57 cm. (ii) 8.57 cm., 1.4 cm.]

১১. 1 inch উচ্চ একটি বস্তুকে একটি কনক্স লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপের কোনও পরিবর্তন হয় তাহা হইল আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens.]
[H. S. Egan, 1960]

[Ans. Twice the focal length, real, 1"]

১২. একটি বস্তু কোন লেন্স হইতে 20 inches দূরত্বে রাখিলে উহার একটি অর্ধ বিম্ব তৈরী হয়। বস্তুটির মাপের সঙ্গে প্রতিবিম্বের মাপের অনুপাত ১:২ হইবে। বস্তুটি কনক্স লেন্স হইবে নাকি উত্তল লেন্স হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[A virtual image is produced by a lens when an object is placed 20 inches from the lens. The size of the image is $\frac{1}{2}$ that of the object. Determine the position of the image, the nature and focal length of the lens.]

[Ans. 13.3", concave; 40"]

১৪. একটি বস্তু একটি উত্তল লেন্স হইতে 15 cm. দূরত্বে রাখিলে তাহার একটি অর্ধ বিম্ব তৈরী হয়। বস্তুটির মাপের সঙ্গে প্রতিবিম্বের মাপের অনুপাত ১:২ হইবে। বস্তুটি কনক্স লেন্স হইবে নাকি উত্তল লেন্স হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[A convex lens forms a real image of double the size than the object when the object is placed 15 cm. from the lens. How far the object is to be placed so that a virtual image of double the size may be produced by the same lens ?

(Ans. 5 cm.)

14. (i) 4 cm উচ্চ একটি বস্তুকে 20 cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স হইতে 100 cm. দূর লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা কত হইবে ?

[An object, 4 cm long, is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ?]

[H. S. (comp) 1960] (Ans. 25 cm. সদ, 1 cm.)

(ii) 20 cm ফোকাস দৈর্ঘ্যের উত্তল লেন্সের সম্মুখে কোণায় একটি বস্তু রাখিলে বস্তুটির আকারের তিনগুণ সঙ্গিন বৈমূর্তি হইবে ?

[Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that image may be real and magnified three times ?]

[H. S. (comp) 1961] (Ans. 26.6 cm.)

15. একটি ছোট উঁচু দীঘ বস্তু একটি উত্তল লেন্স (ফোকাস-দূরত্ব - 7 inches) হইতে যথাক্রমে (a) 4 inches (b) 10 inches দূর রাখা হইল। বিম্বের অবস্থিতি, প্রকৃতি ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[An object, 2 inches high, is placed from a convex lens (focal length = 7 inches) at a distance of (a) 4 inches (b) 10 inches respectively Find the position, nature and the size of the image]

[Ans (a) $9\frac{1}{2}$ " ; অসদ ; $4\frac{2}{3}$ " (b) $28\frac{1}{3}$ " , সদ , $4\frac{2}{3}$ "]

16. 8 cm দীঘ একটি বস্তু 20 cm ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন অবতল লেন্স হইতে 10 cm. দূর অবস্থিত। বিম্বের অবস্থিতি, দৈর্ঘ্য ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[An object, 8 cm high, is placed 10 cm. away from a concave lens of focal length 20 cm. Calculate the position, height and nature of the image formed]

(Ans. 6.3 cm. , 2 cm ; অসদ)

17. 20 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যযুক্ত একটি উত্তল লেন্সে নিম্নলিখিত বস্তুগুচ্ছ পড়িলে কি ফলাফল গঠন করিলে নির্ণয় কর, (i) সমান্তরাল বস্তুগুচ্ছ, (ii) লেন্স হইতে 20 cm. দূরবর্তী কোন বিন্দু হইতে অপস্থত বস্তুগুচ্ছ, (iii) লেন্স হইতে 5 cm. দূরবর্তী কোন বিন্দু হইতে অপস্থত বস্তুগুচ্ছ, (iv) লেন্সের পশ্চাতে 20 cm দূরবর্তী বিন্দুর দিকে অগ্রবর্তী অভিসারী বস্তুগুচ্ছ।

বস্তুগুচ্ছের মধ্যবর্তী বস্তুকে লেন্সের প্রধান অক্ষ হিসাবে গণ্য করিয়া উপরোক্ত প্রতি ক্ষেত্রে একটি কাঁচের পর্দা রাখা হইবে।

[Explain what would be the effect of a convex lens of focal length 20 cm. upon (i) a parallel beam of light (ii) a beam diverging from a point 20 cm. from the lens (iii) a beam diverging from a point 5 cm. from the lens (iv) a beam converging to a point 20 cm. behind the lens.]

. Draw careful diagrams to illustrate your answer, taking in each case the axis of the beam as the principal axis of the lens.]

[Ans. (i) converge on focus (ii) emerge as parallel beam (iii) virtual image at 6.6 cm. (iv) emerge as parallel beam.]

18. একটি উত্তল লেন্স দ্বারা লেন্স হইতে 10 metres দূরে একখানি পর্দার উপর একটি বিবৰ্ধিত প্রতিবিম্ব তৈয়াবী করিতে হইবে। যদি বিবৰ্ধনের পূর্ণিমাণ 20 হয় তবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত হইবে ?

[A magnified image is to be cast on a screen 10 metres away from a convex lens. If the magnification be 20, what would be the focal length of the lens ?] (Ans 47.6 cm.)

19. একটি বালকের কাছে 10 cm. ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স আছে। একখানি পর্দা হইতে এই লেন্সটিকে কত দূরে রাখিলে সূর্যের স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় পড়বে ? লেন্স হইতে 1 metre দূরে বসিত একটি মোমবাতির প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলিতে লেন্সটিকে পর্দা হইতে কত দূরে রাখিতে হইবে ? লেন্সটির ক্ষমতা কত ?

[A boy has a convex lens the focal length of which is 10 cm. How far from a screen must it be to get an image of the sun on the screen ? How far from the screen must it be to get an image of a candle which is at a distance of one metre from the lens ? What is the power of the lens ?]

[An. 10 cm. , 111 cm. ; 10D]

20. 8 cm. এবং 4 cm. ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন দুইটি উত্তল লেন্সকে পরস্পর হইতে 8 cm. দূরে রাখা হইল। 1 cm উচ্চ একটি বস্তুকে ছোট ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন লেন্সের সম্মুখে 4 cm দূরে রাখা হইল। লেন্স দুইটি দ্বারা গঠিত শেষ প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Two convex lenses of focal lengths 8 cm and 4 cm. respectively are placed at a distance of 8 cm. apart and an object 1 cm. high is situated on their common axis 4 cm. in front of the lens of smaller focal length. Calculate the position and size of the final image.]

[Ans 2 cm. behind the lens of bigger focal length , 1.5 cm.]

21. 6 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 40 cm. দূরে রাখা হইলে লেন্সের অপসারণ 4 cm. উচ্চ একটি উল্টা প্রতিবিম্ব গঠিত হইল। ছক বাপ্তেই সাক্ষ্যে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object 6 cm. high is placed at a distance of 40 cm. from a convex lens, and an inverted image of height 4 cm. is formed on the other side of the lens. Find the focal length of the lens graphically.] (Ans 16 cm.)

22. লেন্সের 'সম্বন্ধ' ফোকাসস্থ বস্তুতে কি বুঝায় ? উহারেব ভিত্তি সম্পর্ক কি ?

[What do you mean by conjugate pair of foci of a lens ? What is their relation ?]

28. লেন্সের 'ক্ষমতা' কীভাবে বলে? একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 20 cm. উক্তির ক্ষমতা কত?

[What is 'power' of a lens? A concave lens has a focal length 20 cm. What is its power?] (Ans. -5D)

24 (a) উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe a method for finding the focal length of a convex lens.]

[H S Exam. 1961; P. U. 1962]

(b) একটি উত্তল লেন্সকে একটি বস্তুকে ফোকাস দর্শকের উপরে রাখা হইলে যে যেভাবে ফোকাস হয়। তাই একটি বস্তুকে একটি দিগন্তে রাখিলেও উক্ত বস্তুকে ফোকাস হইলে, ফোকাসে রাখিলে যে যেভাবে ফোকাস হয় তাই তাই ফোকাসে রাখিলে ফোকাস হয়।

[A convergent lens is laid on a horizontal plane mirror with its axis vertical. The point of a pin is moved along the axis of the lens. Where will the point and the image coincide? Give reason for your answer.]

[H S Comp. 1961]

25. একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি একটি বস্তুকে ফোকাস দর্শকের উপরে রাখা হইলে ফোকাস হয়। তাই একটি বস্তুকে ফোকাস হইলে, ফোকাসে রাখিলে ফোকাস হয়।

[A convergent beam of light passes through a divergent lens of focal length 20 cm and is brought to a focus at a point 15 cm from the lens. Find the position of the point at which the beam would have been focused in absence of the lens.] [Ans. 5.57 cm]

26. একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি একটি বস্তুকে ফোকাস দর্শকের উপরে রাখা হইলে ফোকাস হয়। তাই একটি বস্তুকে ফোকাস হইলে, ফোকাসে রাখিলে ফোকাস হয়।

[An object is placed in front of a convex lens at such a distance away that the lens formed a real image of same size. Then the object is moved 16 cms towards the lens. The image still remains real but is magnified three times. Calculate the focal length of the lens.] [Ans. 24 cm]

27. একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি একটি বস্তুকে ফোকাস দর্শকের উপরে রাখা হইলে ফোকাস হয়। তাই একটি বস্তুকে ফোকাস হইলে, ফোকাসে রাখিলে ফোকাস হয়।

[A convex lens placed at a certain distance away from an object produces a real image of magnification m_1 . When the object is moved at a distance x away from the lens the image is still real but of magnification m_2 . Prove that the focal length of the lens f is given by $f = \frac{x}{\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_2}}$]

২৪. একটি বস্তু এবং পর্দা পব্জব হইতে কিছুদূরে অবস্থিত। উহাদের মাঝে একটি উত্তল লেন্স রাখিয়া দেখা গেল যে লেন্সের দুইটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন বস্তুর একটি কবিতা স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয়। যদি লেন্সটি দুই অবস্থানের ভিতরকার দূরত্ব x এবং দুই অবস্থানে প্রতিবিম্বের বিবর্ধন m_1 এবং m_2 হয় তবে প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$

[An object is placed at a certain distance away from a screen. A convex lens situated between them can be placed in two positions, for each of which a sharp image of the object is formed on the screen. If the distance between the two positions of the lens be x and the magnification be m_1 and m_2 , then prove that the focal length of the lens, $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$]

২৫. একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ১০ cm. এবং একটি প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয় যখন বস্তুর দূরত্ব ১৫ cm. হয়। বস্তুকে সরিয়ে আনিলে পর্দায় প্রতিবিম্ব গঠন করা গেল। এই প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ০.৫০ cm. হইলে বস্তুর দৈর্ঘ্য কত?

[An image 1 cm. long of an object is formed on a screen by a convex lens keeping the object and screen fixed. The lens is moved until a second image is formed on the screen. If the image is 0.5 cm. long, what is the length of the object?]

২৬. কোন বস্তুকে লেন্সের পর্দায় বস্তুটির সমান আকারে গঠিত হয় ২০ cm. দূরত্বে। লেন্স হইতে ৫ cm. দূরত্বে একটি অববর্তন পর্দায় গঠিত হয়। ১০ cm. দূরত্বে বস্তুকে পর্দায় গঠিত হয়। বস্তুটির দৈর্ঘ্য কত?

[A real image of an object is formed on a screen at a distance of 20 cm. from the lens. When a concave lens is placed at a distance of 5 cm. from the convex lens, the image is shifted through 10 cm. Calculate the focal length of the concave lens]

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

আলোকের বিচ্ছুরণ

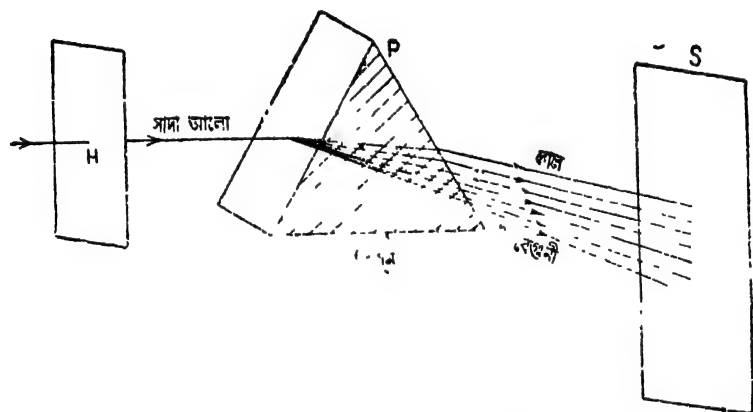
[Dispersion of light]

✓ 5-1. আলোকের বিচ্ছুরণ :

1666 খ্রিষ্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী স্যার আইজাক নিউটন আলোকের বিচ্ছুরণ আবিষ্কার করেন। তিনি দেখিতে পান যে সূর্যবশ্মি (সাদা আলো) কাচের প্রিজমেব ভিত্তব গেলো সাতটি বর্ণের বশ্মিতে বিভক্ত হইয়া পড়ে।

পরীক্ষা :

এক অস্বচ্ছ পদার্থ H একটি ছিদ্র (5ক নং চিত্র)। ছিদ্র দিয়া সাদা আলোক-রশ্মি একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল। আলোক-রশ্মি



সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিভক্ত হইতেছে

চিত্র 5ক

প্রিজম হইতে নির্গত হইয়া যখন একটি পর্দা S-এর উপর পড়িবে তখন পর্দায় একটি বিভিন্ন বর্ণবিশিষ্ট পটি (band) দেখিতে পাওয়া যাইবে।

উক্ত বর্ণবিশিষ্ট পটিকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাতে রামধনুর সাতটি বর্ণ বর্তমান এবং উহার এক প্রান্ত লাল এবং অপর প্রান্ত বেগুনী। অগ্রাংশ বর্ণগুলি হইতেছে নারঙ্গ (orange), হলদে (yellow), সবুজ (green), নীল (blue), গাঢ়নীল (indigo)। এই বর্ণগুলির ক্রমিক

অবস্থান ইংরেজী VIBGYOR (প্রত্যেক বর্ণের আত্মকর লইয়া গঠিত) কথা হইতে পাওয়া যাইবে ।

এই বর্ণবিশিষ্ট পটিকে বর্ণালী (spectrum) বলা হয় । প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙের আলো বিশিষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে বলা হয় আলোকের বিচ্ছুরণ ।

বর্ণালী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের চ্যুতি (deviation) বিভিন্ন । বেগুনী বর্ণের আলোব চ্যুতি সর্বাধিক বেশী এবং লাল বর্ণের আলোব চ্যুতি সর্বাধিক কম । ইহাকে অনেক সময় বলা হয় যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের প্রতিসরণীয়তা (refrangibility) বিভিন্ন । ফলে বর্ণের চ্যুতি লাল ও বেগুনী বর্ণের চ্যুতির মাঝামাঝি বলিয়া ফলে বর্ণের আলোককে বলা হয় মধ্যবর্তী (mean) বাশ্ম ।

5-2. সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি (Composite nature of white light) :

সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে যে-সাত বর্ণের আলোতে বিভক্ত হয় তাহা প্রমাণ করে যে সাদা আলো যৌগিক (composite or compound) । এই সাতটি বর্ণের আলোক-রশ্মি যেকোন একটি পুনরায় একটি প্রিজমেব ভিতর দিয়া পাঠাইলে তাহাব আব কোন বর্ণ-বিভ্রমণ দেখা যায় না—অর্থাৎ ইহার প্রত্যেকটি মৌলিক (monochromatic) বাশ্ম ।

সাদা আলোব যৌগিক প্রকৃতি আবে ভানভাবে প্রমাণিত হয় যদি সাতটি বর্ণের রশ্মিকে মিশাইলে পুনরায় সাদা আলোক-রশ্মি পাওয়া যায় । নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে সাদা আলোর পুনর্যোজন কবা যায় ।

(1) একই ধরনের দুইটি প্রিজম দ্বারা :

P এবং Q দুইটি একই ধরনের ও একই পদার্থে গঠিত প্রিজম পাশাপাশি উল্টা করিয়া বসানো । একটি শূন্য চিত্র ৩ হইতে সাদা আলোক-রশ্মি P-প্রিজমেব উপর আপতিত হইয়া বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইবে কিন্তু বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি Q প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে পুনর্যোজিত হইবে এবং নির্গত রশ্মি একটি পর্দা S-এর উপর পড়িলে সাদা রং-এর আলোকরূপে দেখা যাইবে (5 নং চিত্র) ।

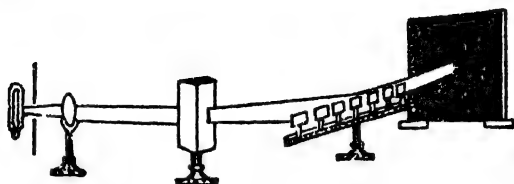


বিভিন্ন বর্ণের পুনর্যোজন

চিত্র 5খ

(2) আয়নার সাহায্যে :

সাদা আলোর সূর্যবশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়ে বাইবার ফলে বর্ণালীতে বিচ্ছিন্নিত হইল এবং প্রত্যেকটি বর্ণের আলো এক একটি প্রতিকলক আয়নার



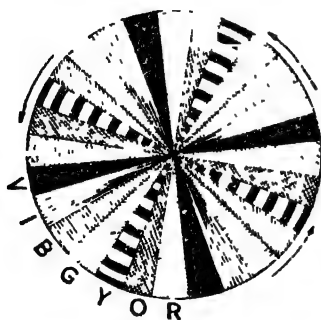
আয়নার সাহায্যে প্ৰিজম বর্ণের পুনর্ব্যোজন

চিত্র 5গ

উপর এমনভাবে পড়িল যে প্রতিফলিত হইয়া সব বর্ণবশ্মিগুলি পদায় এক জায়গায় গিয়া মিশিল (৫গ নং চিত্র)। এতদ্বারা পুনর্ব্যোজিত হইবার ফলে পদায় সাদা বর্ণ-এবং আলো দেখা যাইবে।

(3) নিউটনের বর্ণ-চাকতি (Colour-disc) দ্বারা :

এই একটি কাঁচবোর্ডের চাকতি। এই চাকতাকে এমন চাপ ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগে বর্ণালীতে যে ক্রমিক পথের বর্ণগুলি সাজানো থাকে (৬ নং চিত্র)।



নিউটনের বর্ণ চাকতি

চিত্র ৬ঘ

সাদা বর্ণ-এবং অল্পভুক্তি সৃষ্টি কবে।

5-3. অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী (Impure and pure spectrum) :

সাধারণভাবে আলোক-বশ্মি প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছিন্নিত হইয়া পদায় যে আলোক-পট গঠন কবে তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলে, কারণ, এই বর্ণালীতে

(৫ঘ নং চিত্র)। এখন, এই চাকতিতে জোরে ঘুরালে কোন বিশেষ বর্ণ দেখা যাইবে না — তৎপাশ্বেই অবস্থিত বর্ণসাদা মনে হইবে। তৎকালে এই যে, জোরে ঘুরিবার ফলে চোখে এক বর্ণের অন্তর্ভুক্তি থাকিতে থাকিতে যত্ন বর্ণের অন্তর্ভুক্তি আসিয়া পড়ে এবং এই দৃষ্টিনিবন্ধের (persistence of vision) জন্য সাতটি বর্ণ মিশিয়া

বিভিন্ন বর্ণ তাহাদের নিজস্ব জায়গা দখল করে না বা সব বর্ণ পৃথক ভাবে দৃশ্যমান হয় না। বর্ণালী অশুদ্ধ হইবার কারণ এই যে একটি মাত্র আলোক-রশ্মি পাওয়া সম্ভব নয়। যতই সূক্ষ্ম হউক না কেন রশ্মিগুচ্ছে একেব অধিক রশ্মি থাকিবে। সুতরাং গুচ্ছের প্রত্যেকটি রশ্মিই বিচ্ছুরিত হইয়া নিজস্ব বর্ণালী সৃষ্টি করিবে এবং পর্দায় বর্ণালীগুচ্চি একের উপর আবার একটি গিয়া পড়িবে। ফলে বর্ণালীর সব বর্ণ পৃথক ভাবে দেখা যাবে না এবং বর্ণালী অশুদ্ধ হইয়া পড়ে।

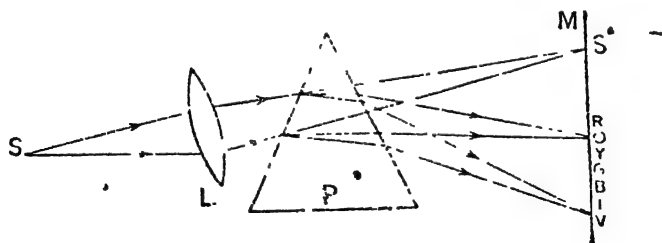
একটি সাধারণ পরীক্ষার সাহায্যেও ইহা প্রদর্শন কবানো যাত্তে পারে। প্রিজম হইতে নিগত আলোক-রশ্মির মধ্যে যদি কিছু বোয়া সূই এবং বায় তেবে গোলাব এবং বর্ণিগুচ্ছের সামান্য নিকট বড়ান দেখা যাইবে কিং বর্ণিগুচ্ছের মাঝখানে বড়ান দেখা যাইবে না। কারণ মাঝখানে বিভিন্ন বর্ণের বর্ণি একের উপর আর এক পড়িয়া সাদা বংশের সৃষ্টি করবে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় এবং অন্তর্ভুক্ত নান্দক জায়গা দখল করিয়া থাকে তাতাকে শুদ্ধ বর্ণালী বলা হয়।

৫-৪. শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উৎসায় (Methods of producing pure spectrum) :

প্রথম পদ্ধতি :

(ক) S একটি ক্ষুদ্র চিত্র সাদা আলো দ্বারা উদ্ভাসিত। একটি উত্তল লেন্স L এমনভাবে বসানো হইল যাহাতে M-পর্দার উপর S তেবে একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব S' গঠিত হয় (চিত্র ৫)। হইল বালক্স M পর্দার মাঝখানে



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

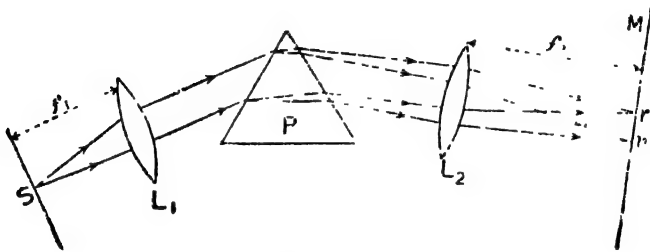
চিত্র 5.

একটি প্রিজম P এমনভাবে বসানো হইল যেন অব্যবহী হইলে বর্ণি প্রিজমের দ্বিতীয় দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে (minimum deviation) গমন করিতে পারে।

প্রিজমের এইরূপ অবস্থানের ফলে অক্সিজেন বর্ণের রশ্মিগুলিও প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে গমন করিবে এবং প্রিজমের অভ্যন্তরে তাহাদের পথের বিশেষ তারতম্য হইবে না। সুতরাং ছিদ্র হইতে সাদা আলো প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দার উপর সাতটি রঙের ছিন্নের প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং এই বর্ণগুলিকে আলাদাভাবে এবং স্পষ্ট দেখা যাইবে।

দ্বিতীয় পদ্ধতি :

(খ) S একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র L_1 উত্তল লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। সুতরাং ছিদ্র হইতে নির্গত সাদা আলোক-রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5c

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অতঃপর একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল (5c নং চিত্র)। প্রিজমটি মধ্যবর্তী হইলে বর্ণাঙ্ক ন্যূনতম চ্যুতি অবস্থানে স্থাপিত। ফলে আপতিত সাদা রশ্মিগুচ্ছ প্রিজম কর্তৃক এমনভাবে বিচ্ছুরিত হইবে যে সব লালবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল; সব বেগুনীবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ইত্যাদি। এইভাবে এই বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুলি আর একটি উত্তল লেন্স L_2 -তে আপতিত হইলে এই লেন্স সব বর্ণবর্ণালীকে পৃথক পৃথক ভাবে পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত করিবে। সুতরাং পর্দায় স্পষ্টভাবে সাতটি বর্ণ দেখা যাইবে। পর্দাটিকে L_2 লেন্সের ফোকাস-তলে রাখিতে হইবে

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের শর্ত (Conditions of forming pure spectrum) :

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপবোক্ত পদ্ধতি হইতে বোঝা যায় যে, ইহার জন্য নিম্নবর্ণিত শর্তগুলি প্রয়োজন :—

(1) ছিন্ন খুব স্বল্প হওয়া প্রয়োজন—কারণ ছিন্ন বড় হইলে অনেক রশ্মি নির্গত হইয়া প্রিজমে পড়িবে এবং উহাদের প্রত্যেকের বর্ণালী একের সহিত অপরে মিশিয়া অশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

(2) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করিয়া প্রিজমের উপর আপতিত রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল করিতে হইবে। ইহাতে একটু বর্ণের বিভিন্ন রশ্মিগুলির চ্যুতি সমান হইবে।

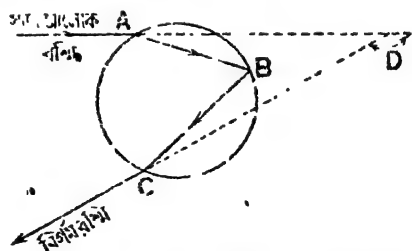
(3) প্রিজমকে মধ্যবর্তী ফল্গু বাঁশের ন্যায় ন্যূনতম চ্যুতিব সমস্তানে স্থাপন করিতে হইবে। ফলে অগ্রাংশে বর্ণাঙ্ক প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে নিগত হইবে।

(4) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা প্রয়োজন হইলে বিভিন্ন বর্ণের প্রতিবিম্ব পর্দার উপর গঠন করিবে—অর্থাৎ শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

৫-৫. রামধনু (Rainbow) :

সকালের দিকে বা বিকালের দিকে যখন আকাশের অবপ্রাণে বৃষ্টি পড়ে এবং বিপরীত প্রান্তে হঠাৎ সূর্যবশি আসিয়া পড়ে তখন রামধনু সৃষ্টি হয়। তাহা তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। ইহা যখন কিছুই নয়, আকাশের গায়ে বহুকেল গায় বাকানো বিভিন্ন বর্ণের সানি।

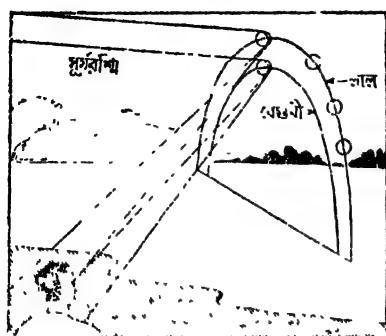
এই রামধনু সৃষ্টি সাদা আলোকের বিচ্ছুরণের জন্ম হইয়া থাকে। মনে কর, একটি সাদা সূর্যবশি একটি গোলাকায় বৃষ্টির ফোটার উপর A বিন্দুতে পড়িল। বশি ফোটার ভিতরে প্রবেশ করিলে প্রতিফলিত হইবে এবং B বিন্দুতে হইতে প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় ফোটার উপর C বিন্দুতে আপতিত হইবে। বশিটি ফোটার ভিতর হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে পুনরায় প্রতিফলিত হইবে (চিত্র ৫৫)। এই প্রতিফলনের ফলে বশিটি বিভিন্ন বর্ণে বিভক্ত হইবে, যেমন সাদা বশি প্রিজমের ভিতর প্রতিফলিত হইলে বিভক্ত হয়। চিত্র হইতে দেখা যায় যে বশিটি ফোটা হইতে বাহির হইলে উহা পথের বিচ্যুতি হয়। এই চ্যুতির পরিমাণ $\angle D$ (চিত্র দেখ)। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন বিশেষ বর্ণের



চিত্র ৫৫

বশি যদি ন্যূনতম চ্যুতি লইয়া নির্গত হয় এবং মানুষের চোখে পৌঁছায় তবে

চোখে ঐ বর্ণের প্রবল অনুভূতি হয়। হিসাব করিলে দেখা যাইবে যে লালবর্ণের



বামদণ্ড
চিত্র ৫৯

ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ প্রায় 138° এবং বেগুনী বর্ণের ন্যূনতম চ্যুতিকোণ প্রায় 140° ।

এখন, মনে কর যে, আকাশের এক প্রান্তে বৃষ্টি হইতেছে এবং বিপরীত প্রান্ত হইতে সূর্যবশ্মি বৃষ্টির বর্ণাঙ্কণ উপর পড়িতেছে। একজন দর্শক সূর্যের দিকে পিছন ফির্ন্যা এবং বৃষ্টির দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইয়া আছে (৫৯ নং চিত্র)। দর্শকের গক্ষে

আকাশের গায়ে এমন একটি বৃত্তের চাপ (arc of a circle) বন্দন করিতে হইবে যে-চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যবশ্মি 138° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌছায়। তাহা হইলে ঐ জলবিন্দুগুলি দর্শকের নিকট লাল বলিয়া প্রতিভাত হইবে এবং দর্শক একটি লাল রংয়ের ধনুকেব মত বাকানো বৃত্তাংশ দেখিতে পাইবে। ঐ জলকণাগুলি অত্র কোন বড়ের বশ্মি দর্শকের চোখে পাঠাইবে না, কারণ অত্র বড়ের বশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 138° নয়। তেমনি যদি আর একটি বড়ের চাপ বন্দন করা যায় যে-চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি 'বা' সূর্যবশ্মি 140° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌছায় তবে দর্শক ঐ বৃত্তাংশকে বেগুনী বড়ের দেখিবে। এইভাবে অত্র বড়ের বৃত্তাংশও দর্শকের চোখে প্রতিভাত হইবে। ইহাকে প্রাথমিক (primary) রামধনু বলে। কখন কখন প্রাথমিক বামদণ্ড উপরে আর একটি অল্প বামদণ্ড দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে গৌণ (secondary) রামধনু বলে।

প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল এবং ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। অত্র বর্ণগুলি এই দুই বর্ণের মাঝখানে নিজস্ব জায়গা অধিকার করিয়া থাকে। গৌণ রামধনুতে বর্ণের সজ্জা ইহার উল্টা, অর্থাৎ বৃত্তের বাহিরে থাকে বেগুনী এবং ভিতরে থাকে লাল।

5-6. বিভিন্ন বস্তুর বর্ণ (Colour of different bodies):

আমরা প্রতিদিন নানাবর্ণের বিভিন্ন বস্তু দেখি। লালফুল, নীল কাগজ, সবুজ কাচ ইত্যাদি বহু প্রকার বর্ণের জিনিস আমবা দেখিতে পাই। এই সকল বস্তুর বর্ণ কিরূপে সৃষ্টি হয় জ্ঞান কি?

যে-সকল বস্তু অস্বচ্ছ, তাহা বা যে-বর্ণের আলোক-রশ্মিকে প্রতিফলিত করে সেই রংয়ে রঙীন হয়। যেমন, লাল ফুল আমরা লাল দেখি কাবণ সাদা আলো ঐ ফুলের উপর পড়িলে ফুল শুধু লাল বর্ণের আলো-কে প্রতিফলিত করে—অগাধ বর্ণের আলো শুষিয়া লয়। কিন্তু ঐ ফুলের উপর নীল রংয়ের আলো ফেলিলে ফুলকে আর লাল দেখাইবে না, কালো দেখাইবে—কারণ ফুল ঐ অবস্থায় নীল আলো-কে শোষণ করিয়া লইবে এবং কোন আলোই প্রতিফলিত করিবে না। তেমনি সবুজ কাপড় শুধু সবুজ বর্ণের আলো-কে প্রতিফলিত করিবে—অগাধ বর্ণের আলোক-রশ্মিকে শুষিয়া লইবে। তবে কাপড় বা অগাধ জিনিস কালো বা সাদা দেখায় কেন? মনে বাসিবে হইবে যে সাদা বা কালো কোন নিশেষ বর্ণ নয়। কোন বর্ণ না থাকিলে জিনিস কালো দেখাইবে—আর সকল বর্ণ উপস্থিত থাকিলে ঐ জিনিসকে সাদা দেখাইবে। কালো কাপড়ের উপর যখন সাদা আলো পড়ে তখন ঐ কাপড় সাদা আলোর সাতটি রংয়ের আলোক-রশ্মিকেই শুষিয়া লয়—কোন আলোক-রশ্মিকেই প্রতিফলিত করে না। তাই উহাকে কালো দেখায়। আবার, সাদা কাপড়ের উপর সাদা আলো পড়িলে, ঐ কাপড় সাতটি রংয়ের আলোর রশ্মিকেই প্রতিফলিত করে। সুতরাং উহাকে সাদা দেখায়।

কিন্তু যে-সকল বস্তু স্বচ্ছ—যেমন কাচ ইত্যাদি—তাহা বা যে-বর্ণের আলোক-রশ্মিকে নিজেদের ভিতর দিয়া সংবাহিত (transmit) করিবে সেই রংয়ে বঙীন হইবে। লাল রংয়ের কাচের উপর সাদা আলো পড়িলে, উহা বর্ণিত্ব দিয়া শুধু লাল রঙের আলো চলিয়া যাইবে—অন্য বর্ণের আলো যাইবে না। তাই কাচকে লাল দেখাইবে। কিন্তু উহা উপর অথবা যে-কোন বর্ণের আলো পড়িলে কাচটি আর লাল দেখাইবে না—কালো দেখাইবে। একখানি লাল কাচ এবং একখানি সবুজ কাচ পর পশ্চাৎ বাসিয়া উহাদের সন্মিলনকে বদিক্বে বব। দেখিলে উহাদের কালো দেখাইতেছে। কাবণ প্রথম লাল কাচ লাল-বর্ণের রশ্মিকে নিজেব ভিতর দিয়া যাইতে দিবে, কিন্তু উহা যখন পরের সবুজ কাচের উপর পড়িবে তখন আর ঐ কাচের ভিতর দিয়া নিগত

হইতে পারিবে না। তাই, উহাদের একসঙ্গে রাখিলে কালো দেখাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে স্বচ্ছ বস্তুর বর্ণ ঐ বস্তুর ভিতর দিয়া নির্গত আলোক-রশ্মির বর্ণের উপর নির্ভর করে।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে তিনটি বিশেষ বর্ণ যথোপযুক্ত ভাবে মিশাইলে যেকোন বর্ণ সৃষ্টি করা যায়। এই তিনটি বিশেষ বর্ণ হইতেছে লাল, সবুজ এবং নীল। ইহাদের বলা হয় **প্রাথমিক বর্ণ** (Primary colours)।

তা ছাড়া, যদি দুইটি বর্ণের মিশ্রণে সাদা বর্ণের সৃষ্টি হয় তবে ঐ বর্ণ দুটিকে বলা হয় **পরিপূরক বর্ণ** (complementary colours)। যেমন, হলুদ এবং গাঢ়নীল অথবা নাবাদ্ব এবং নীল মিশাইলে সাদা বর্ণের সৃষ্টি হইবে। ইহাব, পরিপূরক বর্ণ।

সারাংশ

প্রিজমের দ্বারা সাদা আলোর ফলে সাদা রঙ-এর আলো বিচ্ছিন্ন হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে এবং এত বর্ণের পটিকে বলা হয় বর্ণালী। সাদা আলোক নিউটন প্রথম ইহা আবিষ্কার করেন।

সাদা আলোক-রশ্মি যে সাত রঙ-এর আলোক-রশ্মিতে বিভক্ত হয় তাহাদের বিভিন্ন উপায়ে পুনরায়োজন করিয়া সাদা রঙ সৃষ্টি করা যায়। ইহা সাদা আলোক-গৌণিক প্রকৃতির প্রমাণ।

অসুস্থ ও ক্ষয় বর্ণালী :—

যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ প্রখর ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় না ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজের জায়গা দখল করে না তাহাকে অসুস্থ বর্ণালী বলে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ প্রখর ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় না ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজের জায়গা দখল করে তাহাকে ক্ষয় বর্ণালী বলে।

বিভিন্ন উপায়ে ক্ষয় বর্ণালী গঠন করা যায়।

রামধনু : সূর্যের সাদা আলো রঙের ফোটা কতক প্রতিসৃত ও বিচ্ছুরিত হইয়া রামধনু সৃষ্টি করে। প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল ও ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। গোণ রামধনুতে উঠার উপর।

প্রশ্নাবলী

১. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? বর্ণালী কাকে বলে?

[What is dispersion of light? What is called a spectrum]

[cf. H. S. (comp.) 1962, '64]

২. সাদা আলোকের যৌগিক প্রকৃতি কিসে প্রমাণ করা যায়?

[How can you prove the composite nature of white light?]

৩. শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী কাকে বলে? পর্দার উপর শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What are pure and impure spectrum? Describe a method for producing a pure spectrum on a screen.]

[H. S. (comp.) 1962, '64]

৪. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? বায়ুমণ্ডলে কি কি বর্ণ দেখা যায়? সাদা আলোতে বায়ুমণ্ডলের সব কয়টি বর্ণ আছে তাহা প্রমাণ করিবার একটি পৰীক্ষা বর্ণনা কর। উদ্ভাবন একটি পৰীক্ষার দ্বারা অস্বীকার কর।

[What is dispersion of light? What are the colours seen in a rainbow? Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light. (Give a neat diagram)]

[H. S. Exam. 1962]

৫. সজ্ঞ পৰীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে বিভিন্ন বস্তু বর্ণ নিয়ন্ত্রিত বিবর্তিত উপর নির্ভর করে।

(ক) যে বর্ণের আলো বস্তু উপর আপতিত হয়।

(খ) বস্তু অর্থাৎ উদ্ভিদ, যে বর্ণের আলো বস্তু কর্তৃক প্রতিফলিত হয়।

(গ) বস্তু দ্বারা উদ্ভিদ যে বর্ণের আলো বস্তু ভিতর দিয়ে নিগত হয়।

Describe simple experiments to prove that the colour of different bodies depends on :-

(a) The colour of the light incident upon it

(b) The colour of the light reflected by the body, if it is opaque.

(c) The colour of the light transmitted by the body, if it is transparent.

[Objective type questions]

(A) Alternate Response Type .

(1) Yes or No type :

(ক) সকল মাধ্যমে আলোর গতিবেগ কি সমান?

—

(খ) আলোকে কি একজোড় শক্তি বহিরাগত করা সম্ভব?

—

(গ) বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের চাপ্তি কি ভিন্ন-বৈশিষ্ট্য উপর নির্ভর করে?

—

(ঘ) মানুষ মনেতে যখন মাধ্যমে আলোক-বর্ণ প্রবেশ করিলে দৃষ্টির গতিবেগ কি আপেক্ষিক দৃষ্টিতে অধিক অভিলম্বের দিকে বক্রিত হয়?

(ঙ) এক মাধ্যমে উদ্ভিদে আলো মাধ্যমে আপতিত উদ্ভিদে বর্ণের সম অংশই কি প্রতিফলিত হয়?

(ii) True or False type :

(ক) যদি প্রতিফলকের তল অমসৃণ হয় তবে প্রতিফলন বিক্ষিপ্ত হয়; কিন্তু শুষ্ক পৃষ্ঠে প্রতিটি বস্তুর নিরমিত প্রতিফলন হয়। —

(খ) কোন মাধ্যমেব প্রতিসরাঙ্ক আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে না। —

(গ) আপতিত বস্তুই কোন দিক পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে কোন কোণে ঘুরাইলে প্রতিফলিত বস্তু উহাব সমান কোণে ঘুরিবে। —

(ঘ) কোন স্ফর লেন্সের আলোক-কেন্দ্রেব মধ্য দিয়া আলোক-বস্তু গেলে বস্তুর কোন প্রতিসরণ হয় না। —

(ঙ) সাদা আলোর প্রকৃতি যৌগিক; কিন্তু বর্ণালীর অজ্ঞাত বস্তুর বস্তুই প্রকৃতি মৌলিক। —

(B) Recall type :

(ক) প্রতিফলনের সময় আপতন কোণ সমান প্রতিফলন কোণের—
উত্তরে। —

(খ) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিফলন কোণের সাইনের অনুপাত সমান—হয়। —

(গ) উত্তল লেন্সকে— লম্ব বলা হয়। —

(ঘ) সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়ে গেলে বর্ণ বিভক্ত হয়। —

(C) Completion type :

(ক) যখন কোন বিন্দু—(a) উত্তর অক্ষের বিন্দুতে—(b) বা পোড়ায় উত্তর অক্ষ কোন বিন্দুতে—(c) হয়—(d) অক্ষ বিন্দু উত্তর—(d) উত্তর বিন্দু মনে হয়, তখন এই বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভবে—(e) বলা হয়।

—(a)—(b)—(c)—(d)—(e)

(খ) বস্তু দূর ম'গান উত্তর (a) মাধ্যমে গেলে এবং আপতন কোণের ম'গান—(b) কোণ অপেক্ষা—(c) উত্তর বস্তু পূর্ণ অ' ম'গান—(d) হয়।

—(a)—(b)—(c)—(d)

(গ) তাপ, বিভাজ্য তত্ত্বের ক্ষেত্রে আলোক-বস্তু—(a) আলোক-বস্তু—(b) করে বিভাজ্য—(c)।

—(a)—(b)—(c)

(D) Multiple choice type :

(ক) প্রিজমের ভিতর দিয়ে সাদা আলো গেলে যে প্রণালীতে উত্তর বিভিন্ন বস্তুর বস্তুই বিভক্ত হয় উত্তরকে ক' বলে? — উ। প্রান্তসরণ, পতিতন, বস্তুসরণ।

(খ) সূর্যগ্রহণের সময় কোন বস্তু আলোক-বস্তু পড়ে প্রতিফলক হিসাবে কাজ করে? —

— চন্দ্র, পৃথিবী, সূর্য।

(গ) কোন বস্তু অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া উত্তল লেন্সে পড়িলে কোন দিকে বাইবে? —

— (a) আলোক-বিন্দু মধ্য দিয়া, আলোক-কেন্দ্রেব মধ্য দিয়া, অক্ষের সমান্তরালভাবে।

(ঘ) অবতল লেন্সে বস্তু ক' ধরনের প্রতিবিম্ব গঠন করে?

— সদ, অসদ, উত্তর, সোজা।

BOARD OF SECONDARY EDUCATION WEST BENGAL

HIGHER SECONDARY EXAMINATION QUESTIONS

1960 : PHYSICS—First Paper

(Group A (Answer any two)

1. State and explain the principle of Archimedes

Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.

A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gm., 297 gm., and 19 gm., calculate the density of the solution, that of mercury being 13.6 gm/cc

3+3+3+5

2. What do you mean by "acceleration due to gravity" ?

What are the units in which this quantity is expressed in the c. s. and f. p. s. systems ?

Define 'weight' of a body.

Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measure! Give a neat diagram of the instrument.

2+1+2+5+2

3. Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. Calculate its value in the c. g. s. units at a place where $g = 980$ c. g. s. units. (Density of mercury = 13.6 gm/cc.)

Describe the construction of a simple mercury barometer. - -

A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 cm. in cross-section and the mercury column falls from 75 cm to 65 cm. If the space before introduction of air was 6 cm long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.

4. Define 'Longitudinal stress' 'Longitudinal strain' and 'Young's modulus'.

Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the c. g. s. system

Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 623 cm long and 2 mm in diameter by one more millimetre in length. Y for steel = 2×10^{12} c. g. s. units and $g = 980$ c. g. s. units.

Group B (Answer any two)

5. Describe the construction of a Doctor's thermometer. Give a neat diagram. 5+2

Why should the thermometer be of uniform bore? Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales 3+5

6. Either, Explain 'specific heat of lead is 0.03.' Define 'Thermal capacity'. 2+2

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain. 3

Indicate briefly how you would determine the specific heat of a solid. 1

200 gm. of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gm. of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid were 0°C , find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. 4

Or, Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid'. 2

How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficient of linear and cubical expansion of the same solid. 2+2+1

What must be the length of a rod of zinc at 59°F , if its length is to increase by 5 mm, when the temperature is raised to 100°C .? (Co-efficient of linear expansion of zinc = 0.000062° per degree centigrade) ,

7. Define 'Dew point'. ,

'On what does it depend when it has been found?' 3

What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room. 3+3

8. Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat. 1

Explain "mechanical equivalent of heat is 4.2 Joules" per calorie. 4

What is a Joule? 2

How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at 0°C into water at 100°C ?

(Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.)

Group C (Answer any one)

9. Describe experiments to illustrate

(i) how sound is produced, and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound. 4+1

A gun is fired from a fort at a fixed hour. An observer, from a distance, sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why? 2

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming the velocity of sound to be 1,100 ft./sec? 1

10. What is the function of the hollow body of a violin? 3

How is it that the sound of a violin appears to be different from that of a piano although the same tune is played on both? 4

Define the terms 'Fundamental' and 'Harmonic'.

If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave? 3

1960 : PHYSICS Second Paper

Group A (Answer any four)

1. State the laws of reflection of light. 4

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror, seemed after reflection, as though they diverge from a single point. 3

What is that point called? What is its position? And nature? 3

When a plane mirror is rotated through an angle α , show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much. 5

2. Define 'refractive Index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between the critical angle and refractive index. 3 1+1+3

Trace the path of a ray falling normally upon a 60° prism of glass (the critical angle for glass being 42°). (Consider only two faces of prism.) 2

3. Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. 8

What is the effect of increasing the size of the hole? 3

A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. 4

4. Define "focal length" of a convergent lens. 2

Draw a neat diagram to show how a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens. 3

Hence deduce a relation between the object-distance, the image-distance and the focal length of the lens. 5

Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed, in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. 5

(Group B (Answer any three)

5. How would you prepare a small bar magnet? 5

State the nature of polarity developed at the ends of the bar. How would you test the polarity? 2 + 2

Describe the nature of the earth's magnetic field. 6

6. Give the diagram of a gold leaf electroscope with index of parts. (No description is necessary). 4

How is the instrument to be used for testing the nature of charge on an insulated conductor. 4

'Repulsion is the sure test of electrification' Explain. 3

7. State and explain the defects of a simple voltaic cell. 2 + 3

What is meant by the terms 'Electromotive Force' and 'Potential Difference' as applied to cells. 2 + 2

8. How do you arrange two resistances (i) in parallel and (ii) in series? 4

Find out the effective resistance in each case. 3 + 3

Two lamps, each of resistance 50 ohms are connected in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell be 1 ohm and the e.m.f. of each cell 1.5 volts calculate the current in the lamps. 5

9. Describe Barlow's wheel and explain its action. Give a neat diagram. 1 + 4

What does this illustrate? 3

10. You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when—

(i) the N-pole of a bar-magnet is quickly introduced into the coil;

(ii) it is kept there.

(iii) it is quickly withdrawn.

1960 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Answer any two)

1. Distinguish between 'density' and 'specific gravity'. Prove that they are expressed by the same number in the C. G. S. System.

Calcutta the height, in metres, of a vertical column of glycerine (sp. gr. 1.26) which will balance the atmospheric pressure at a place where the barometric height is 756 mm. (Density of mercury = 136 gm/cc)

2. Explain the meanings of 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid

How would you prove experimentally that the pressure at a point inside water is the same in all directions ?

The depth of a sea at a point is 1320 ft. What is the pressure in pounds per sq. inch at the bottom of the locality ? [Neglect pressure of air on the surface. 1 cu. ft. of fresh water weighs 624 pounds ; sp. gr. of sea-water is 1.03.]

3. What is a Vernier and what is meant by 'Vernier constant' ?

If 19 division of the main scale coincide with 20 division of the vernier scale, what is the Vernier constant ? (One division of the main scale = 1 mm).

In reading the height of the mercury column in a barometer in which the above Vernier is provided it is found that the main scale reading is 756 mm and the 16th division of the Vernier scale coincides with a division of the main scale, what value does this give for the barometric height ?

4. Explain the action of a siphon. State its use

What conditions must be fulfilled for the working of a siphon ?

It is required to siphon kerosene (sp. gr. 0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? (Atmospheric Pressure = 30 inches of mercury)

Group B (Answer any two)

5. Explain how the fixed points of a thermometer are determined.

How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively -0.5 and 100.8 . Find the correct temperature on the centigrade scale when the faulty thermometer reads 20 .

6. *Either* Define the terms "Calorie" and "B. T. U."

Distinguish between the "Water-equivalent" and the 'Thermal Capacity' of a body.

State the units used in expressing them in any one system.

An iron sauce pan contains 100 gms of water at 25°C . 50 gms. of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C . Calculate the water equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms., what is the specific heat of iron ?

Or, Distinguish between the coefficients of real and apparent expansion of a liquid.

How are they related ?

3

A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long, at 0°C . When the temperature is raised to 100°C , the thread of mercury is found to be 16.5 mm longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0.000182, calculate the coefficient of linear expansion of glass.

6

7. Explain any *three* of the following statements--

5+5+5

(i) Water can be made to boil at any temperature, above or below 100°C .

(ii) Vapour-pressure of a liquid at 25°C is 30 mm .

(iii) Wet clothes usually dry sooner in winter than in the rainy season though the temperature during the rainy season is higher.

(iv) A glass tumbler is seen to "crack over" on the outside when ice-cold water is poured into it.

(v) Two blocks of ice when pressed together form a single mass.

8. What are the different modes of propagation of heat ?

3

Explain each of them with suitable illustrations.

6

Explain the working of Davy's Safety Lamp

6

(Group C) (Answer any one)

9. Explain, with the help of a suitable diagram the mode of propagation of sound, through air emitted by a vibrating tuning fork.

6+1

If the distance between a pair of adjacent condensations in air be $1\frac{1}{2}\text{ m}$ as when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec , what is the frequency of the tuning fork ?

3

10. What is an echo ?

4

Explain how the phenomenon of echo is employed to measure the depth of oceans

6

A man standing away from a cliff hears the echo of a sound 2 seconds after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man ?

(Velocity of sound in air = 320 metres/sec .)

5

1960 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Answer any two)

1. The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be "laterally inverted" Explain this 5

If a man runs towards a plane mirror at the rate of 5 ft./sec. at what rate will he approach his image ? 5

Calculate the minimum size of a plane mirror, fixed on the wall of a room, in which an observer can see the full size of himself 4

2. Distinguish between "Umbra" and "Penumbra" 1

State the physical principle involved in the formation of shadows. 2

Indicate by means of neat diagram, the regions of Umbra and Penumbra, if any, due to spherical obstacle by— 3 + 3 + 2

(i) a point source of light

(ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle

(iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle

(No description is necessary)

3. State Snell's Law Refraction.

How would you verify the Law ? 2

Explain any *two* of the following statements : 4 + 1

(i) To an observer standing beside a swimming pool water appears to be less deep than it really is.

(ii) A smoked ball on being introduced into a beaker of water appears silvery white.

(iii) The image of a pin seen through a glass plate by sun light appears coloured.

(iv) A number of images are visible when a bright object is held in front of a thick plane mirror silvered at the back.

4. Distinguish between a real and a virtual image. 3

Show *only* by a diagram, how a convex lens can be made to give (i) a virtual, (ii) a real image of an object. 2

An object, 1 cm. long is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ? 6

Group B (Answer any three)

5. What is the difference between a permanent magnet and a magnetic substance ? 1

How would you distinguish one from the other ? 3

. Explain magnetic induction. 3

The N-pole of a strong magnet *A* is made to approach the N-pole of a freely suspended weak magnet *B*.

State and explain how the N-end of *B* would behave, (a) while *A* is at some distance from *B*, (b) when *A* is brought quite close to *B*.

6. By what experiment would you prove that both positive and negative electrifications are produced simultaneously and in equal quantities by friction. 6

What is electron ? 4

Explain the phenomenon of electrification by friction from the point of view of Electron Theory. 5

How would you set up a Leclanche cell ? 4

Show how the chief defect of a simple Voltaic cell are overcome in the Leclanche cell.

A wire of resistance 20 ohms is connected to the terminals of a battery of 4 cells in series, each of *e.m.f.* 1.5 volts and internal resistance 1.2 ohms. Calculate the strength of the current in the wire. 4

Draw a neat figure in connection with the problem. 2

8. State Ohm's Law explaining clearly the symbol used. 3

Show that the law provides a definition of electrical resistance.

What are the factors upon which the resistance of a wire depends ? 4

One km. of copper is drawn up into a wire, (a) 1 mm diameter (b) 2 mm diameter. Compare their resistance at the same temperature. 6

9. Describe the construction of an electromagnet. Give a neat diagram. 4

If a particular end of the electromagnet is to be the north Pole, show, in the diagram, the direction of the current through the coil. 3

How does it differ from an artificial magnet ? 3

10. Describe Roget's vibrating spiral and explain the principle of action of the apparatus. 10

A wire is connected to the terminals of hidden battery. Devise an experiment to find out which end of the wire is connected to the positive pole of the battery ?

1961 : PHYSICS—First Paper

Attempt any two questions from Group A, any two from group B, and only one from group C.

Group A

1. State Newton's second law of motion and explain how the unit of force is derived therefrom.

Define the Absolute and Gravitational units of force in the Metric and the British system.

A force of 100 dynes acts upon a mass of 25 gms. for 5 seconds. What velocity does it generate? 3 | 1+4 | 4

2. Describe the principle and action of a Hydraulic Press. Give a neat sectional diagram.

A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be one half inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt. 5 | 5, 5

3. Distinguish between Potential energy and Kinetic energy, stating how they are measured.

What is a 'Horse Power'?

What should be the H. P. of an engine which is intended to pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yards?

[One gallon of water weighs 10 pounds.] 1+4 | 2+5

4. What is Torricelli's vacuum?

Is it, strictly speaking, a vacuum?

State, giving reasons, what happens in the following cases :

(a) A glass tube, 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury.

(b) The tube is inclined to the vertical.

(c) The tube is replaced by one with a wider bore.

The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 760 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13.58 and 1.05, calculate h . 2+2 | 6+5

Group B

5. Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.

The highest temperature on a certain day was observed to be 120° on the Fahrenheit scale. What should have been the corresponding indication on the Centigrade scale? 6 | 4 | 5

6. Explain the meaning of Latent heat of fusion of a substance.

Describe how you would determine melting point of paraffin.

What is the result of mixing 8 lbs. of copper at 100°C with 2 lbs. of ice at 0°C ? [Specific heat of copper = 0.1, Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.] 4 + 6 + 5

7. Distinguish between 'Saturated' and 'Unsaturated' vapour.

Devise a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

A brass pitcher and a porous earthenware jar are both filled with water and placed side by side in air. Would you notice any difference in temperature between the two after some time? If so, why?

8. Mention two examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy.

What relation has been established between work done and heat developed?

Define Joule's equivalent. What is the value in the c.g.s. system?

An iron ball having fallen from rest through 50 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through 0.7°C . What value does this give for the mechanical equivalent of heat?

[Specific heat of iron = 0.1, $g = 980 \text{ cm/sec}^2$] 4, 2, 2,

Group C

9. What is a tuning fork? What are its special characteristics of the sound it emits?

By what device can the sound of a tuning fork be made audible to a large audience?

You are supplied with two tuning forks, the frequency of one being known. How would you determine the number of vibrations executed per second by the other tuning fork? 4, 2, 3, 6

10. What experiment leads you to believe that sound is not propagated through empty space?

Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun. 'B' sees the flash and 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sound in air.

Will the velocity, as determined in above problem, be affected by wind? If so, how can the effect of wind be eliminated?

6 + 5 + 4

1961 : PHYSICS--Second Paper

Attempt only two questions from group A and three from group B

Group A.

1. How are shadows formed ?

Explain, with the aid of a diagram, the formation of umbra and penumbra caused by an opaque spherical obstacle when light from a larger luminous sphere falls upon the obstacle.

Explain the condition in which total eclipse of the moon occurs.
4, 6, 5

2. How would you experimentally verify the laws of reflection ? Describe an experiment to show that the image of a luminous point formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at a plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by diagram.
6, 3, 4

3. What is dispersion of light ?

What are the colours seen in a rainbow ?

Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light.

Give a neat diagram.
3, 3, 6, 3

4. Explain, by a diagram, what you mean by the 'Principal focus' of a convergent lens.

Describe a method of determining the focal length of a convergent lens.

An object is placed 30 cms. in front of a convex lens of focal length 10 cms. Where will the image be formed ? State the nature of the image.

How many times is the image magnified or diminished ?

2, 5, 4, 2, 2

Group B

5. Give an idea of the distribution of magnetism along the length of a bar magnet.

You are given a bar magnet, a rod of brass and a rod of soft iron. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?

If you break a bar magnet successively into a number of pieces, what will you notice ?

What is the conclusion you are led to ?
4, 5, 3, 3

6. Describe an experiment to illustrate the phenomenon of electrostatic induction.

পরীক্ষা বিজ্ঞান

By what experiments would you prove that electricities generated by electrostatic induction are equal in quantity but opposite in kind ?

The cap of a gold-leaf electroscope is charged with positive electricity and the leaves diverge. State what would happen when an insulated metal rod is brought close to the cap, if

- (a) the rod is uncharged,
- (b) the rod is negatively charged,
- (c) the rod is positively charged. 3, 2, 9

7. A wire carrying a rather strong current is held over a compass needle. How is the direction in which the needle points affected when,

- (a) the wire lies north and south,
- (b) the direction of the current is reversed.

How would you ascertain, from the movement of the north end of the compass-needle, the direction of current in the wire ?

State any rule in support of your answer. 6, 6, 2

8. Describe and explain the action of a calling bell.

Draw a neat diagram of the circuit used.

Would the working of the bell be affected by a reversal of the current in the circuit ?

If a calling bell is worked with a pair of cells in series each of $e.m.f.$ = 1.5 volts and internal resistance = 1.8 ohms, find the resistance of the coil, the current in it being 0.5 amperes.

9. Describe a simple method of verifying Ohm's Law. Give a neat sketch of the circuit employed.

The ends of a uniform wire 100 cm long are connected to the terminals of a battery $e.m.f.$ = 2.4 volts, resistance = 1.5 ohms. Find in millivolts, the fall of potential per unit length of the wire if the resistance of the wire be 3 ohms. 6, 3, 6

10. What is an induced current ?

Describe two typical experiments by which the production of induced currents may be illustrated.

What conditions determine (a) the direction, (b) the duration, (c) the magnitude of an induced current ?

1961 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Attempt any two)

1. State and explain Pascal's principle on the transmission of liquid pressure.

How can you apply this principle for obtaining a multiplication of force.

A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin oil column from the table are respectively 18.4 and 6.4 inches and the top of the water column is 16.6 inches from the table, calculate the specific gravity of paraffin oil. 6 + 5 + 4

2. State the laws of oscillation of a simple pendulum. If the length of a second's pendulum be 100 cms. find the length of one pendulum which makes 25 oscillations per minute, at that place.

Will a pendulum clock gain or lose when (i) taken to the top of a mountain? (ii) The brass bob is replaced by a wooden bob of the same size? (iii) The diameter of the bob is diminished? Give reasons. 1 + 5 + 6

3. State Boyle's Law and describe how you would verify it for pressures greater than one atmosphere. Give a sectional diagram of the apparatus you would use.

When the barometer reads at 75 cm a quantity of air, 10 cc in volume at the atmospheric pressure, is introduced into the vacuum of the barometer. The mercury immediately falls to 50 cm. What volume does the air occupy inside the barometer tube? 5 + 5 + 3 + 1

Group B (Attempt any two)

1. Describe the action of a single-barrel air pump. Give a neat schematic diagram of the pump.

What is its limitation?

6 + 5 + 1

2. Bring a distinction between ' sensible ' heat and ' latent ' heat.

State in general terms, the effect of application of heat to ice, as at -8°C , until the temperature of 0°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied, in the above case, if the mass of ice be 10 gms. (Specific heat of ice = 0.5 , latent heat of fusion of ice = 80 cal./gm.) 1 + 6 + 1

3. Define ' coefficient of cubical expansion '.

If a block of copper be heated, in the solid state, how will its density be affected?

Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 800°C . Calculate the increase in volume.

(Co-efficient of linear expansion for copper = 0.16×10^{-4} per degree centigrade) 2+3+5+5

7. What are the different processes by which nature tries to equalise the temperature of different bodies?

Explain each process with a suitable example.

Give reasons for the following statements :—

(a) 'Water may be boiled in a paper box without charring the paper.' (b) 'It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.' 3+6+6

8. Distinguish between 'evaporation' and 'boiling'.

What do you mean by 'hygrometric state' of air?

Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of the air may be determined.

Draw a neat sketch of the apparatus you describe. 3+2+6+4

(Group C) (Attempt any two)

9. How does the frequency of a vibrating string depend on (i) the length, (ii) the tension of the string?

State giving reasons, how the pitch of the note emitted by the string of a musical instrument will change when (i) the tension is quadrupled, (ii) the length is halved.

A stretched wire under a tension of 1 kgm is in unison with a tuning fork of frequency 320. What alteration in the tension would make it vibrate in unison with a fork of frequency 256?

10. A vibrating tuning fork (of frequency 256, say) is held at the mouth of an open air (40 cm. tall) jar and water is gradually and carefully poured into the jar. State what will happen.

How would you determine the velocity of sound in air by an experiment of this kind?

A tuning fork of frequency 250 produces resonance in a glass tube with an air-column of 25 cms. For what length of air-column will resonance be produced with a tuning fork of frequency 350? 4+6+5

(Neglect end correction)

1961 : PHYSICS (Compartmental) -- Second Paper

(Group A) (Attempt any two)

1. The path of light is rectilinear in a homogeneous medium. Describe two experiments in support of the statement.

The sun subtends the same angle as a half-penny at a distance of 10 ft. Give a diagram showing the size and nature of the shadow of the half-penny cast by the sun on a surface parallel to and at a distance of 5 ft. from the half penny. 5+5+5

2. Two mirrors are inclined to each other at an angle of 90° . Draw a diagram and show how multiple images are formed of an object placed between them.

Prove that a man can see the whole of his person in a mirror the length of which is half his own height. 10+5

3. A glass prism has refracting angle of 90° , the other angles being 45° . Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces.

What is the deviation produced?

Explain the phenomenon involved.

Why such a device is preferred in the construction of a Periscope? 3+3+9+3

4. Explain what you mean by 'Real' and 'Virtual' images.

Draw diagrams illustrating how (i) a magnified real image, (ii) a magnified virtual image is produced by a convergent lens.

Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cm. in order that the image may be real and magnified three times? 1+6+5

Group B (Attempt any three)

5. Describe how you would proceed to determine the positions of the poles of a magnet.

What is the 'magnetic' length of a magnet?

What is the approximate relation between this length and the actual length of the magnet?

Define magnetic axis of a magnet. 6+3+5+3

6. Given a conductor A on an insulating stand and a body B, charged negatively, how can you charge A, by means of B, (i) positively, (ii) negatively?

A charged ebonite rod is brought in contact with the cap of a gold-leaf electroscope. The leaves are seen to diverge. But when the rod is removed the leaves collapse & blute. Explain. 3+5+5

7. Explain why a simple voltage cell is no longer used as a source of current supply.

Describe any other form of cell explaining how the defects of the original type have been overcome.

8. Describe an electric filament lamp. Why is it made so long? Account for the rise of temperature in the bulb when the current is turned on.

The filament of an incandescent lamp when connected to a mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament? 2+3+5

9. The current flowing through a long wire is too weak to deflect a compass-needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangement enables you to increase perceptibly the action on the compass-needle?

What is the practical unit of resistance? How do you define it? A circuit contains an ammeter which reads 1.3 amperes. When a voltmeter is connected at two points A and B of the circuit it reads 3.9 volts. What is the resistance of the portion of the circuit between A and B? 6+2+2+7

10. A wire carrying a current is placed between the two poles of a horse-shoe magnet, perpendicular to the magnetic field. How will the wire tend to move?

State a rule by which the direction of the induced current may be determined. Hence explain the action of a simple motor, giving a suitable diagram.

1962 : PHYSICS (Part I) paper

Attempt any two questions from Group A and any four questions from Group B, choosing only one from Group B.

Group A

1. Distinguish between 'Displacement' and 'Volume' as they relate to a liquid and find a relation between the two. 5

Define a simple pendulum and state the factors on which the period of a simple pendulum depends. How can the period of a simple pendulum be varied? 5

In an experiment with Hare's apparatus, the height of the liquid in one limb is 26.8 cm. If the specific gravity of the liquid in the other limb be 1.24, what is the height of the liquid in that limb? 5

2. What is a simple pendulum? What is its effective length? State the laws of oscillation of a simple pendulum. 2+2+6

Describe an experiment to verify the law of length. 5

3. State the Principle of Archimedes. 4

How may the Principle be verified? 5

A piece of wax, 22 c.c. in volume, floats on water with 2 c.c. above the surface of water. Find the weight of the piece and the specific gravity of wax. 6

4. How would you set up a simple experiment to prove that air exerts pressure? 5

How is the atmospheric pressure generally measured? 5

Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. (specific gravity of glycerine = 1.25) 5

GROUP D

5. What is meant by the fixed points of a thermometer? 4

How would you determine the upper one? 4

Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer? 3

If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would the thermometer indicate for a temperature of 92° F? 4

Glass is more expansible than iron when heated; explain how you can experimentally support the statement. 2+3

Define coefficient of linear expansion. Find its value on a wire which is supposed to expand in the same amount. 2+3

If the coefficient of linear expansion of brass is 0.00019 per centigrade degree, the length of a given wire in centimetres, what will be its variation in Fahrenheit degree of the length of the wire in yard? 5

7. Give one contracting statement. 4

8. Give one contracting statement. 4

9. Give one contracting statement. 4

10. Give one contracting statement. 4

11. Give one contracting statement. 4

12. Give one contracting statement. 4

13. Give one contracting statement. 4

14. Give one contracting statement. 4

15. Give one contracting statement. 4

GROUP E

16. Explain what is meant by longitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.

Define wave-length, frequency and period in relation to a wave-motion. 6

A body vibrating with a constant frequency sends waves, 10 cm. long, through a medium A and 15 cm. long through another medium B. Compare the wave-velocities in A and B. 3

10. State the laws of Transverse Vibration of stretched strings 6

How would you compare the frequencies of two tuning forks with the help of a sonometer? 5

A sonometer wire emits a note of frequency 150. What will be the frequency of note emitted by the same string, if the tension is increased in the ratio 9 : 16 and length is doubled? 4

1962 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only **two** questions from Group A and **three** from Group B

GROUP A

1. Explain, with a diagram the working of a Pin-hole Camera. 1+3

What conclusion do you draw from an experiment with a Pin hole Camera? 2

What is the effect, on the image formed, of increasing

(a) the size of the hole,

(b) the distance of the source from the Pin-hole,

(c) the distance of the screen from the Pin-hole?

Give reasons.

2. State the laws of reflection of light at a plane surface. 3

Show by means of a diagram, how a man, height 6 feet, could place a mirror, length 1 foot, that again is vertical wall, so that he could see a full-sized image of himself in it.

Explain, with a diagram the action of a periscope. 1

For what purpose is it used? 2

3. What does one mean by the statement 'the refractive index of glass is 1.5' or '1.5'?

Show by a diagram that a ray of light is not transmitted from a denser medium to a rarer medium. (*Total internal reflection*) 1

Explain 'Critical angle' and 'Total reflection' and find out a relation between critical angle and refractive index. 4+4

4. Distinguish between a real image and a virtual image.

Draw ray diagram to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distance.

Where must an object be placed with respect to a concave lens of 1 foot focal length in order that,

- (a) a real image may be formed of the same size as the object. 4
 (b) a virtual image may be formed 2 feet away from the lens. 3

GROUP B

5. What are the points of difference between a magnet and a magnetic substance? 3

Devise a simple experiment to detect the nature of polarities induced by a magnet. 4

How do you account for the attraction of a piece of soft iron by a permanent magnet? 4

'Repulsion is a surer test of magnetisation than attraction' Explain. 1

6. Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope. 6 + 3

An electroscope is charged by (a) friction, (i) conduction, (c) induction. 3

State, giving reasons, the nature of the charge developed in each case. 6

7. State Ohm's Law and obtain definition of the Ohm. 4

Upon what factors, and in what way, does the resistance of a wire depend? 4

Define ρ for resistance.

Two copper wires, whose lengths are in the ratio of 1 : 2, are of the same resistance. Compare the diameters of the wires. 5

8. Describe a Leclanché cell and explain how polarisation is prevented in this cell. 7 + 4

The terminals of a battery of 9 Leclanché cells, joined in series, are connected to a wire of resistance 10 ohms. Find the fall in potential between any two of the terminals (e.m.f. of each cell = 1.5 volts and the internal resistance of each cell = 1 ohm).

9. Explain how the rate at which heat is developed in a wire by an electric current depends on the strength of the current and the resistance of the wire? 4

How would you experimentally verify the last law? 4

Two similar coils of equal length but diameters in the ratio of 1 : 2 are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time.

10. Describe an experiment to show that a current-carrying conductor, situated in a magnetic field, is acted on by a force.

Show how this force is made use of in a direct current motor.

1962 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

GROUP A (any two)

1. Define specific gravity of a substance. If the specific gravity of gold be 19.3, what will be its density in the C. G. S. & F. P. S. system?

Describe a method of experimentally determining the specific gravity of a solid lighter than and insoluble in water.

2. Describe with a neat diagram, the principle and action of a spring balance.

Is the graduation of the spring balance the same at all parts of the globe when the same body is carried by the instrument? Explain.

An ordinary beam balance with equal arms is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed on the two pans, are respectively 100 and 102 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

3. Define *Work* and *Power*.

State and explain the theoretical and practical unit in which 'work' is expressed in the C. G. S. and F. P. S. system.

A 10 H.P. engine is employed to lift water to a height of 100 ft. If the efficiency of the engine is 80% calculate the volume of water that will be delivered in one eastern per minute.

4. What is 'buoyancy'?

A floating body loses 1/3 of its weight in a liquid.

How do you account for the fact that a ship can float in sea water though it is made of iron?

A piece of iron in a fluid with 0.2 of its volume exposed, sinks and in another fluid its volume exposed is 0.4. Find the density of the liquid.

GROUP B (any two)

5. Distinguish between *real* and *apparent* expansion of a liquid.

What do you understand by 'Anomalous expansion of water'?

Draw a diagram showing the changes in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C.

By what experiment would you prove that the density of water is a maximum at 4°C?

6. Define 'specific heat' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used?

- . Describe a method of determining the specific heat of a solid. .

A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 300 gms of water, at 28°C , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final equilibrium temperature attained is 30°C . If the specific heat of copper is 0.09, calculate that of the material of the body.

7. Explain the following :

- Two pieces of ice when pressed together form one mass.
- When a glass screen (Khus-Khus) moistened with water is placed in front of the door a sensation of cold is produced in the room.
- Water just before boiling is placed within the receiver of an exhaust pump. If the pump works for sometimes the water is seen to boil.

Use a dry-bulb, Regnault's Hygrometer and explain how the instrument is used for the determination of Relative Humidity of air in atmosphere.

On a certain day the temperature of the air is 30°C and the dew point is 14°C and the relative humidity is 40%. Calculate the relative humidity of the air on days when the temperature is 30°C , 19°C and 12°C respectively. The answers are 40%, 56% and 66% respectively.

Group C (any two)

8. Explain the phenomenon of resonance.

Apply it to explain the variety of sound in musical instruments.

Explain the difference between the sound waves in a closed pipe and the sound waves in an open pipe. Illustrate the difference by the formation of standing waves in a closed pipe and an open pipe.

9. What are electromagnetic waves?

How are they formed in the case of an open coiled wire?

Could you not understand the above and Antennae?

What is the frequency of the fundamental tone excited by a pipe of length 1.20 m. if the velocity of sound be as usual, i.e. 330 m/sec?

1962 - PHYSICS (Compartmental)—See and Panel

Group A (any two)

1. Prove the following :

(a) When a plane mirror is placed at an angle θ to the normal, the angle of reflection is 2θ .

(b) When an object placed in front of a plane mirror, the image is formed at the same distance from the mirror as the object is from the mirror.

Write a brief note on Kaleidoscope.

2. Explain the terms 'Refraction' and 'Deviation'.

What kind of prism would you employ to deflect a beam of light through 90° ? Explain with a diagram.

How is it that a stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water? Explain with the aid of a diagram.

3. Show, with the help of neat diagram, how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens.

Hence establish the lens formula. A convex lens of 6 cms. focal length forms a real image of a source of light, three times magnified. What is the position of the source?

4. What is meant by dispersion of light?

What is a pure spectrum?

Describe an arrangement for producing a pure spectrum.

(Group B (any three))

5. What are the 'poles of magnet'?

Describe a simple experiment to show that there are two kinds of poles in a magnet.

Describe a method of magnetising a knitting needle so as to have North polarity at the pointed end.

How would you determine whether a given steel rod is a magnet or not?

6. What do you understand by 'electric current'?

What are the means for the detection of electric current?

Explain the difference between 'Quantity of electricity' and 'current strength'.

The terminals of a cell of e.m.f. of 2 volts, R_1 and R_2 internal resistance of 5 ohms are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when

(a) the cell does not supply a current,

(b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 0.2 amperes flows through the cell?

7. Describe and explain the 'action of points' in an electrostatic phenomenon and illustrate with a case of practical demonstration of the same.

What is lightning?

Explain why a lightning conductor protects a building from lightning discharge.

8. How will you join n resistors so that the effective resistance is (a) greater, (b) smaller than the individual resistance. Calculate the effective resistance in each case.

A cell having an e.m.f. of 2 volts and a resistance of 21 ohms is connected with three wires of resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, the wires being parallel. Find the current through the cell.

9. A current passing through a long wire is so weak that when the wire is stretched over and parallel to a freely suspended magnetic needle, there is no perceptible effect on the needle. Describe and explain an arrangement for increasing the effect on the needle.

Describe and explain the action of Roget's Vibrating Spiral.

10. What do you understand by induced current ?

Describe experiments to show how such currents are produced by a magnet.

State Lenz's Law of 'electromagnetic induction'

Apply it to find the direction of the current induced in a coil when the N-pole of a magnet is brought near it.

1963 : PHYSICS (Science Group) First Paper

Spent credit will be entered on a very small scale of credit to the point. Marks will be entered on a very small scale of credit to the point. Attempt at two of the questions of any group A and two from Group B, and enter one from Group C.

Group A

1. Write down the value of each of the following :
a. cent paces and one pound of gold to one ounce of gold.

Petrol, which was used to be sold in gallons, is now sold in litres. Find the percentage increase in the cost of petrol if instead of 1 gallon one has to purchase 1.35 litres (given 1 gallon of water weighs 10 lb).

How much heavier is a kilo-pain than a seer, if 10 seers weigh 82.2 lb ? Express the result in grams.

How is the unit of time in the c.g.s. system defined ?

2. Define *specific gravity*.

The specific gravity of cane sugar is 1.59. What is its density in grams per c.c. and in pounds per cubic foot ?

Kerosene has a specific gravity of 0.8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10-cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If the total length of the water column is 10 cm, what will be the difference in height between the top levels of the two liquids ? Draw a diagram to illustrate your answer.

1 c.c. of lead of specific gravity 11.1 is attached to a block of wood of volume 21 c.c. and specific gravity 0.5. Find whether the combination will sink or float in water.

3. Explain why you should lean backwards while getting down from a moving tram car or train. 5

What is *momentum*? A cricket ball, weighing $5\frac{1}{2}$ oz. and moving with a speed of 30 ft./sec. is brought to rest in $\frac{1}{8}$ sec. Calculate the average stopping force employed. (16 oz. = 1 lb.) 2+5

A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them? Where does this force act? Is this force constant in magnitude? 3

4. Briefly state what is meant by *work*, *power* and *energy*. 5

Define their practical units in the c. g. s. system. 1

A boy weighing 100 lb. ascends a flight of 20 steps, each 9 inches high, in 10 seconds. What horse power does he employ? 5

Group B

5. The Eiffel tower in France is 325 metres high. Its extreme temperature rises from 0°C in winter to 100°F in summer. The tower is made of steel of coefficient of linear expansion equal to 12×10^{-6} per °C. How taller is the tower in summer than in winter? 5

The coefficient of expansion of mercury relative to glass is 153×10^{-6} per °C, and its coefficient of absolute expansion is 180×10^{-6} per °C. Find the coefficient of linear expansion of glass. 5

If a flask made of glass of coefficient of volume expansion equal to 27×10^{-6} per °C and $\frac{1}{20}$ of its volume is occupied by mercury (coefficient of absolute expansion = 180×10^{-6} per °C), show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature. 5

6. The *specific heat* of a substance is defined as the heat per unit mass. Explain the meaning of the terms involved. Define their units in the c. g. s. system. 2+2

What is the difference between the *thermal capacity* of a body and its *heat equivalent*? 2

In experiments by the method of mixtures in a calorimeter we assume that the heat lost by the warmer bodies is equal to the heat gained by the cooler bodies. In order that this relation may hold, no heat must be allowed to enter or leave the calorimeter, or be developed or absorbed inside. Will then, the relation hold, if

- the calorimeter contains water and the solid is sugar,
- the solid and the liquid in the calorimeter react chemically,
- the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air?

Explain your answers briefly. 2+2+2=6

How is good thermal insulation of a calorimeter brought about? 3

7. A weather report reads as follows :—

'During the 24 hours ending at 5-30 p. m. yesterday the maximum humidity was 87% and the minimum 58%.'

What is meant by *humidity* in the above report ? 5

Describe how it can be measured. 6

How will the *humidity* and the *dew point* in a room be affected if (a) temperature rises, (b) water is sprinkled into the room ? 4

8. Give three examples to support the view that heat is a form of energy. 6

When work is converted into heat or heat into work, what is the relation that holds between them ? What is meant by the statement that the *mechanical equivalent of heat* is 773 ft. lb. per B. Th. U. ? 4

Calculate the difference in temperature between the top and the bottom of a waterfall 100 metres high assuming that 90% of the heat generated remains in the water. ($J = 4.2 \times 10^6$ ergs per calorie, $g = 980 \text{ cm. sec}^{-2}$) 4

Group C

9. Decide with the help of diagrams how a tuning fork vibrates. 4

How would you illustrate *longitudinal vibration* with a ? Give also the case of a fork placed on a resonance box or on any other suitable example. 4

How does loading a prong affect the *frequency* of a fork ? 3

State very briefly why a tuning fork is so important in experiments on sound. 2

10. What is the characteristic of a musical sound ? Explain the terms. 4

What are the properties of the sound waves which are associated with these characteristics ? 6

Explain the terms *stationary*, *harmonics* and *overtones*. 3

1963 : PHYSICS (Science Group) -Second Paper

Special note will be given to answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes, carelessness and bad handwriting. Attempt only two questions from Group A and three from Group B.

Group A

1. Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and the moon. (Only diagrams, and no explanations, are necessary.) 4, 4

In reference to the diagram of solar eclipse that you draw, explain why. 3

(i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth.

(iii) a solar eclipse may be *total* at a place, but *partial* at another.

Why do not eclipses take place at every full moon and new moon? 1

2. You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image that you see? Explain your answer with the help of a diagram. 4

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics. 4 + 4

Why is the projection screen in a cinema house made of rough white material? 3

3. A ray of light is refracted through a parallel slab of glass. What angle does the emergent ray make with the incident ray? Explain with the help of a diagram. 5

Draw a diagram to show how a thick glass mirror can form more than one image of an object. Which of the images is the brightest? 7

You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this briefly. (No mathematical deduction is necessary.) 5

4. What is meant by the *focal length* of a lens? 9

Draw a neat diagram to illustrate the formation of images by a convergent lens. Explain the diagram. 4 + 3

When does a convergent lens form a *virtual* image? Is the image magnified or diminished in relation to the object? Draw a diagram to illustrate your answer. 1 + 1 + 1

Group B

5. (a) How does the induced pole strength change? 2 + 2

(i) with the strength of the inducing pole,

(ii) with the distance between the two.

In testing the polarity of a magnet you are advised to bring one pole of the magnet slowly towards one pole of the needle along a line perpendicular to the axis of the needle. What will happen, if you 3

(a) bring the magnet very close to the needle,

(b) move it along the axis of the needle?

Why is it advised to move the magnet slowly from a distance? 3

What is *demagnetization* ? Bar magnets are kept in pairs with soft iron pieces, called *keepers*, connecting opposite poles. How do keepers prevent self-demagnetization of the magnets ? 2+3

6. A hollow metallic body of irregular shape has a small pole. It is electrically charged and kept on an insulating stand. You are testing the distribution of charge on it with the help of a gold-leaf electroscope and proof-plane. State how the divergence of the electroscope will change when the proof-plane collects charge from 6

- (a) a flat portion of the surface,
- (b) a pointed portion of the surface,
- (c) inside the hollow.

Explain the action of lightning conductors 6

Why is it not safe to stand near a tall structure during a thunder-storm ? 3

7 What conditions must be fulfilled so that an electric current may continue to flow through a circuit ? Illustrate your answer

'An *e. m. f.* is said to exist in a part of circuit where some other form of energy is converted into the electrical form. A potential difference is said to exist in a part of a circuit where electrical energy is converted into any other form.' Illustrate this statement by referring to a circuit which contains a battery of cells, a resistance, an electric motor and electrolytic cell, stating in your answer where the *e. m. f.* and the potential differences are. 8

In what units are *e. m. f.* and potential difference measured ? 2

8 State Ohm's law. 2

Wires of resistance 1, 2 and 3 ohms are connected in series across a Leclanche cell of *e. m. f.* 1.5 volts and internal resistance 3 ohms. Calculate the potential difference across each of the wires, and also the drop of potential inside the cell

What is the potential difference between the terminals of the cell when (a) it is in open circuit, (b) it is in closed circuit ?

How is the *ampere* theoretically defined ? What is meant by the *International Ampere* ?

9 An electric current produces a magnetic field around it. State any law that you know connecting the direction of the current and the direction of the field it produces at a point

A conductor carrying an electric current is held above a magnetic needle parallel to its axis. The south pole of the needle is then found to deflect towards the west. What is the direction of the current ? 2

Draw a diagram showing the lines of force inside and outside a straight solenoid carrying an electric current, and mark the directions of the current and the lines of force. 5

What similarity does the magnetic field due to a solenoid have with that due to a bar magnet? 3

How is the magnetic field altered if you place a bar of soft iron inside the solenoid? 3

10. Draw a diagram of a simple current dynamo and describe how it can supply an electric current. 5

What kind of energy is converted into electrical energy in this case? How is this energy supplied? 1+1

When a dynamo is supplying a current, will there be a drop of potential between its terminals, as happens in the case of a cell? 1

1963 : Physics (Compartmental) FIRST PAPER

GROUP A

1. How much is an inch in centimetres, and a pound in grams? 2

The unit of time is the mean solar second. How is it defined? 2

A 100-yd. racing track is extended to 100 metres. What additional distance has one to run on the new track? 1

What is a radian? Calculate its value in degrees and minutes ($\pi = 3.14$). A railway line of length 150 ft. is to curve through 10° . If the line forms an arc of a circle, what is the radius of curvature? 2+1+3

2. State Archimedes' principle. What is the apparent loss of weight due to? 2+2

A buoy of volume 1000 litres and weighing 950 kg. is fully immersed in sea-water of specific gravity 1.02, being anchored to the sea-bottom by a chain. What is the tension in the chain? (Ignore weight of the chain.) 5

A piece of brick has a specific gravity of 1.5 and weighs 5 kg. How much will it weigh when just half of it is immersed in water? 6

3. What condition must be fulfilled so that a body may float in a liquid? Illustrate your answer by two examples. 4

A cylindrical pencil, 8 inches long, floats vertically in water with 3 inches of it above the water. How much of it will project out of a liquid of specific gravity 0.8? 5

* Describe briefly the construction of a common hydrometer and describe how it works. 3+3

4. Distinguish between mass and weight. What is meant by 'a force of one pound'? 2+1

What are action and reaction? Do they act on the same body? Illustrate your answer. 5

* 'An unbalanced force produces acceleration while balanced forces produce deformation'. Explain what you understand by this statement in reference to a body resting on the floor. 1

State Hooke's law. Define stress and strain. 3

GROUP B

5. How are the Centigrade and Fahrenheit scales of temperature defined? 4

At what temperature will the reading on the Fahrenheit scale be five times that on the Centigrade scale? 5

What is a maximum thermometer? Explain with the help of a diagram how a clinical thermometer acts as a maximum thermometer. 2+4

6. When is latent heat absorbed? When is it emitted? 2

A small quantity of water is placed in a hole in a large block of melting ice. Will it freeze? Give reasons for your answer. 3

What distinguishes boiling from evaporation? 5

Water may be made to boil at various temperatures. Describe an experiment to illustrate it. 5

7. Distinguish between conduction and convection of heat. 1

Draw a diagram of Davy's safety lamp showing the different parts. Explain the use of the wire gauze. 3+3

Illustrate how convection helps ventilation. 5

8. Draw a diagram of any simple form of engine showing the different parts. Describe the changes that take place in the cylinder of the engine during a complete cycle. 6+6

At what stage is the heat converted into work? 2

Is the whole of the heat absorbed from the source converted into work in an engine? 1

GROUP C

9. Describe the nature of sound waves in air. 5

What do you understand by *wave-length*, *frequency* and *velocity* of sound waves? 6

What is an echo? Why cannot echoes be heard at short distances? 2

10. A sonometer string is made to vibrate in its fundamental mode. State how its frequency will change with change in (i) tension, (ii) length, (iii) diameter and (iv) density of material. 10

The stem of a vibrating fork is placed on a sonometer board. State briefly how energy is transferred (a) from the fork to the string, (b) from the fork to the air in the sonometer box and thence to a listener.

1963 : (Compartmental) - Second Paper

GROUP A

1. What are *Umbra* and *Penumbra* ? 2 + 2

Draw neat diagrams to explain their formation, when :—

(a) the source of light is bigger than the obstacle,

(b) the source is smaller than the obstacle 4 + 4

[On the diagram mark the Umbra, Penumbra, Umbra cone. No explanation of drawing is necessary].

It is said that a fluorescent tube light (which is a long tube emitting light) does not cast a sharp shadow. Explain why. 3

2. What should be the angle of incidence on a plane mirror so that the incident ray is deviated by a right angle ? 4

Show that if a mirror turns through an angle θ a ray incident on it from a fixed direction turns through an angle 2θ . 6

How would you place two plane mirrors so that you can see the back of your head ? (Draw a diagram tracing a ray from the back to the eye) 5

3. What is total reflection ? 4

Find how the critical angle is related to the refractive index. 3

Give two examples of total reflection. 4

If the critical angle of water relative to air be 45° , show that the objects outside the water, will appear to a diver to be confined within a cone of angle 90° . 4

What properties of a lens are utilized to find the position of the image of an extended object placed on the principal axis of the lens ? Draw a diagram to illustrate your answer. 6

A convergent lens is laid on a horizontal plane mirror with its axis vertical. The point of a pin is moved along the axis of the lens. Where will the point and the image coincide ? Give reasons for your answer. 6

You have a distant source. How can you find the focal length of a convergent lens with its help ? 3

GROUP B

5. The earth is said to behave like a huge magnet. What facts lead us to this view? 6

Draw a diagram showing broadly the nature of the earth's magnetic field around it. 6

Lines of force due to a magnet are supposed to be directed from its north pole to the south through an. But in the case of the earth's field, we draw the field lines from the south to the north. Why is this difference? 3

6. When two bodies are rubbed together one acquires a positive charge and the other a negative one. Explain this in terms of electron transfer. 5

What distinguishes a conductor from an insulator? Name two good conductors and two good insulators. 4 + 2

Why are electric power lines not connected directly to the supporting metal posts, but are placed on porcelain pieces attached to the posts? 4

7. What is an electric current? 2

What are three principal effects an electric current can produce? Describe simple experiments to illustrate them. 3 + 3

Maintenance of an electric current requires continuous supply of energy. What kind of energy is converted into electrical energy in (a) a cell, (b) a dynamo? 2 + 2

8. How does the heat generated by an electric current depend upon:- 3

- (a) the strength of the current,
- (b) the resistance through which it flows,
- (c) the duration of flow.

If the current is halved and the resistance is doubled how will the rate of heating change? 3

How does a fuse work? 3

Name any two other devices which utilize the heating effect of currents, and, briefly indicate how they work. 6

9. Describe an experiment to show that a conductor carrying an electric current experiences a mechanical force when placed in a perpendicular magnetic field. 6

What is the direction of this force? 2

Briefly explain the action of an electric motor with the help of a simple diagram. 7

10. What is electromagnetic induction? Describe an experiment to illustrate it, taking the case of a coil and a magnet or two coils. 2 + 6

If both coils are fixed in position how would you induce a current in one by the other ? 2

In reference to any case of electromagnetic induction, show how Lenz's law can be applied to get the direction of the induced e. m. f. 5

1964 : PHYSICS (Science Group)—First Paper

GROUP A (*Answer any TWO questions*)

1. A body of mass 100 gm has a momentum of 2,000 gm. cm. per. second. What is its velocity ? What is its kinetic energy ? If the above momentum was acquired from rest in 10 seconds, what were the acceleration and the force acting on the body ? (In all cases mention the unit.) 8

State and explain Newton's third law of motion. 5

Two boys pull the two ends of a rope as in a tug-of-war, each with a force of 50 lb. wt. What is the tension in the rope ? 2

2. When is work said to be done (a) *by* a force, (b) *against* a force ? Illustrate your answer taking as example the case of a heavy body which is *either* being pulled across a rough floor *or* is being lifted. Is work done whenever a force is exerted ? 6

Distinguish between kinetic energy and potential energy, giving examples. 6

A body has 1 joule of kinetic energy. It is opposed by a force of 1 mega dyne ($= 10^6$ dynes). How far will the body move before coming to rest ? 3

3. What is meant by acceleration due to gravity ? What is a second's pendulum ? 4

Calculate the length of a second's pendulum (to 3 significant digits) at a place where $g = 980$ cm/sec.². What will the periodic time be if the length is increased 2.25 times ? ($\pi = \frac{22}{7}$) 4+2

Describe how you would find the specific gravity of a cork with the help of a Nicholson's hydrometer. 5

4. Draw a labelled diagram of a barometer. Give a short description and state how it acts. 4+4+2

'The standard atmospheric pressure is equal to the pressure due to 76 cm. of mercury at 0°C, 45° latitude and mean sea-level.' -- Briefly explain why it is necessary to mention the temperature, latitude and height relative to sea-level in this definition. 5

GROUP B (*Answer any TWO questions*)

5. What will a Fahrenheit thermometer read when the temperature is 25°C ?

The temperature of a body rises by 25°C . How much is this increase in degrees Fahrenheit?

A mass of gas is at 30°C . At what Centigrade temperature will its pressure be doubled if it is heated at constant volume? At what temperature will the volume be doubled if the pressure is kept constant?

100 grams of steam are passed through a mixture of 1 kilogram of ice and 1 kilogram of water, and the whole of the steam is condensed. Give with reasons, the initial and the final temperatures. How much ice will melt? (Latent heat of fusion of ice = 80 calories per gram, latent heat of condensation of steam = 540 calories per gram)

6. A glass flask has a capacity of 1 litre at 20°C . Show that its volume increases by about half a millilitre when the temperature rises to 40°C . (Coefficient of linear expansion of glass = 8×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$)

A copper vessel of water-equivalent 100 gms. contains 1 kilogram of water at 30°C . The vessel receives heat at a rate of 200 calories per second. Find the time required by the water to reach the boiling point.

Explain why pieces of ice fuse together under pressure.

7. Find a relation between the densities of a liquid at different temperatures.

What is latent heat? How would you express freezing and condensation in terms of latent heat?

In a wet- and dry-bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer? In what circumstances would both readings be the same? How is such a hygrometer used for determining relative humidity?

8. Explain.—

(a) Why a woollen garment gives a warmer feeling to the wearer than a cotton garment.

(b) Why the flame of a kerosene burner does not at first pass through a piece of wire gauze placed upon it.

(c) A house with a slaty roof keeps cool in summer and warm in winter.

In passing through the earth's atmosphere, the speed of a 42 kilogram meteor is reduced from 15 kilometres per second to 5 kilometres per second. Calculate in calories the heat developed due to change in speed. ($J = 4.2$ joules per calorie.)

GROUP C (*Answer any ONE question*)

9. Distinguish between transverse and longitudinal waves giving an example of each. 6

Define wave-length, frequency and velocity in relation to a wave. 6

A tuning fork vibrates 254 times a second. The sound wave it emits travels with a speed of 1,143 ft. per second. What is the wave-length? 3

10. State the laws of transverse vibration of strings. Show on a diagram how the vibrations of a string differ when it is producing (a) the fundamental, (b) the first harmonic. 6 + 3

A string under tension vibrates with a frequency n . What will be the frequency if other factors remaining the same, (i) the length is doubled (ii) the diameter is doubled? 4

What are superimposed vibrations? 2

1964 : PHYSICS—Second Paper

GROUP A (*Answer any TWO questions*)

1. What is an umbra cone? A bird flying close to the ground casts a shadow on the ground, but when it flies high up in the air, there is no detectable shadow. Explain. 2 + 4

Explain how total internal reflection takes place. 5

Describe the action and utility of a periscope. 4

2. Obtain a relation between the real and apparent depths of an object placed in water when seen normal to the water surface. 5

Show that when a ray passes through a prism at minimum deviation, the refractive index μ is given by the expression

$$\mu = \frac{\sin \frac{1}{2}(A + \delta)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

where A is the angle of the prism and δ is the angle of minimum deviation. 5

A man stands in the middle of a room and looks into a mirror, suitably placed, on the wall facing him. Show, by drawing the necessary diagram, that the mirror must be at least 4 ft. tall so that he may see the full image of a 12 ft. high wall behind him. 5

3. Draw diagrams illustrating the action of (a) a convex glass lens (b) a concave glass lens on a parallel beam of light. Which should be called a convergent lens and which a divergent lens, and why? 4

How do the following rays behave on refraction by a convergent lens?— 4

(a) a ray passing through the first principal focus,

(b) a ray passing through the optical centre.

A small object stands on the principal axis of a convergent lens, and is closer to the lens than the first principal focus. Draw a diagram showing where the image is formed. Explain the diagram, and state the nature of the image. 3 + 2 + 3

A convergent lens forms a real image of the same size as the object. What is the distance between the object and the image in terms of the focal length of the lens? 4

What is dispersion of light? What is a pure spectrum? How would you produce a pure spectrum? 3 + 1 + 5

GROUP B (Answer any THREE questions)

5. What is a magnetic field? What is a magnetic line of force? What are the properties of lines of force? 2 + 2 + 6

A bar magnet is placed in the earth's magnetic field with its north pole pointing north. Indicate on a diagram the directions of the magnetic field to the east and west of the neutral point. (Mark the north and south poles of the magnet, and also the neutral points.) 5

6. Distinguish between a free charge and a bound charge. 3

Describe simple experiments to show that

(a) a free charge resides on the outer surface of a conductor,

(b) charges concentrate at sharp points. 1 + 4

Explain why a charged conductor fitted with sharp points discharges more easily than a smooth conductor. 4

7. Draw a diagram of an electric circuit using (a) two cells in series, (b) a key, (c) a rheostat, (d) an ammeter and (e) an electrolytic cell. Label the parts and mark the positive and negative terminals of each. 8

There are two light points, one fan with a regulator and one plug point in a room, where the mains are introduced in a corner.

Draw a plan of the wiring system. 7

8. State how the rate of heating by an electric current depends upon the strength of the current, the resistance and the applied potential difference. 6

Two wires, of resistances 2 ohms and 4 ohms respectively, are connected in series, and a potential difference of 6 volts is applied between the ends. Compare the rates of heating in the two wires. 4

• • What would be the ratio of the rates of heating in the two wires if they were connected in parallel. 5

9. Describe the Barlow's wheel experiment, and explain how it illustrates the effect of a magnetic field on a current. 5+4

Write down Fleming's right-hand and left-hand rules, stating the field of application of each. 3+3

10. Explain the terms *ion*, *electrolyte* and *electrolysis*. 6

What is the difference between an electrolytic cell and a voltaic cell? 4

Explain how an electric current may be measured by the electrolysis it produces. 5

INDEX

[The numbers refer to the pages]

Absolute scale of temperature (তাপ-মাত্রার চরম স্কেল) 800	Caloric value (তাপ মূল্য) 280
Acceleration (ত্বরণ) 51	Camera, Pin-hole (চুটি ছিদ্র ক্যামেরা) 406
Adhesion (আঁশজ্ঞান) 4	Cartesian Diver (কার্টিস ডাইভার) 97
Alcohol thermometer (স্বাভাবিক হিটল থার্মোমিটার) 208	Centigrade (সেন্টিগ্রেড) 196
Altimeter (আলটিমিটার) 149	Charles' law (চার্লস' লব্ধি) 238
Angle (কোণ) 41	" " verification of (সত্যায়ন) 239
measurement (মাপন) 42	Co-efficient (গুণক)
reflection (প্রতিফলন) 429	" Linear expansion (রৈখিক প্রসারণ) 251
refraction (প্রতিবর্তন) 458	" Superficial (ক্ষেত্রফল) 254
minimum deviation (ন্যূনতম বিচ্যুতি) 488	" Volume (আয়তন) 255
Aqueous tension (অকুইয়া টেনশন) 856	" Real (প্রকৃত) 277
Archimedes' principle (আর্কিমিডিস নীতি) 90	" Apparent (প্রতিদৃশ্য) 276
verification (সত্যায়ন) 91	" of volume, " of gas (আয়তন ও গ্যাস) 867
Artesian well (আর্টিসিয়ান井) 78	Co-efficient of pressure expansion of gas (গ্যাসের চাপের প্রসারণ গুণক) 808
Atom (পরমাণু) 8	Cloud (ক্লাউড) 80
Automatic fluid (স্বয়ংক্রিয় তরল) 169	Cohesion (সংলগ্নতা) 4
B	
Balances (তাপ) 81	Complementary colour (পূরক রং) 848
" wheel (চাকার ভার) 267	Compound (সংযুক্ত) 8
Balloon (বলুন) 101	Composite colour (সংযুক্ত রং) 459
lifting power (উত্তোলন ক্ষমতা) 102	Compression pump (সংকোচন পাম্প) 178
Barometer (বারোমিটার) 145	Conduction (সংবাহিতা) 568
" Fortin's (ফোর্টিন) 146	Conductor bad (সংবাহক খারাপ) 871
" Aneroid (অনিবর্তক) 148	" good (সংবাহক ভাল) 871
Baroscope (বারোস্কোপ) 100	Conductivity (সংবাহিতা) 870
Bicycle pump (সাইকেল পাম্প) 175	" co-efficient of (সংবাহিতার) 870
Boiling (কুণ্ঠন) 885	Conjugate pair of foci (সংযুক্ত দৃষ্ট্য) 526
" laws of (নিয়ম) 848	Conjugate Relationship (সংযুক্ত সম্পর্ক) 526
Bottomley's expt. (বটমলি'র পরীক্ষা) 828	Convection (পরিচলন) 869
Boyle's law (বয়ল'র সূত্র) 154	" current (পরিচলন প্রবাহ) 884
Buoyancy (প্রতিভা) 69	Converging beam (সংকটন রশ্মি) 404
" centre of (কেন্দ্র) 69	Convention of sign (চিহ্নের নিয়ম) 514
C	
Caloric (ক্যালরি) 210	Critical angle (ক্রিটিক্যাল অ্যাঙ্গেল) 480
Calorimetry (ক্যালরিমেট্রি) 210	" Temperature (সংকটন তাপমাত্রা) 881
Caloric theory (ক্যালরিক তত্ত্ব) 210	

D

Davy's Safety lamp (ডেভী'র নিরাপত্তা বাল্ব)	881
Decimal System (দশমিক পদ্ধতি)	15
Deviation (চ্যুতি)	487
,, Angle of (চ্যুতি কোণ)	488
Dewar flask (ডেওয়ার ফ্লাস্ক)	898
Dew (শিশি)	861
,, point (শিশি বিন্দু)	852
Diffusivity (প্রতিপ্রসারণতা)	877
Dilatometer (ডিল্যাটোমিটার)	288
Dioptre (ডায়োপ্টার)	529
Dispersion (বিক্ষেপণ)	541
Diverging beam (অনুসারী আলোকরশ্মি)	404
Divisibility (বিভাজ্যতা)	4
Dry ice (ড্রাইস)	893
Dulong and Petit method (ডুলং এবং পেটি'র পদ্ধতি)	288

E

Eclipse (গ্রহণ)	115
,, Annular (অবয়)	417
,, Lunar (চন্দ্র)	417
,, Solar (সূর্য)	415
Elasticity (স্থিতিশীলতা)	5
Electron (ইলেকট্রন)	3
Element (মৌল)	3
Energy (শক্তি)	1
,, diff. forms (বিভিন্ন প্রকার)	5
,, conservation of (সংরক্ষণ)	6
,, transformation of (রূপান্তর)	6
Evaporation (বাপায়ন)	882
Exhaust pump (নিষ্কাশন পাম্প)	170
Expansion (প্রসারণ)	276
,, Apparent (অপেক্ষিত)	276
,, Anomalous (বাহ্যিক)	276
,, Real (প্রকৃত)	276
,, of liquids and gases (তরল ও গ্যাস)	274
Extensibility (বিস্তারিত)	4

F

Fahrenheit (ফারেনহাইট)	197
Fixed points (স্থির বিন্দু)	194
,, lower (নিম্ন স্থির বিন্দু)	194
,, upper (উচ্চ স্থির বিন্দু)	195

Focal length (ফোকাস দৈর্ঘ্য)	508
,, plane (ফোকাস তল)	508
Focus (ফোকাস)	
,, First principal (প্রথম মুখ্য)	507
,, Second ,, (দ্বিতীয় মুখ্য)	507
Fog (কয়াশ)	861
Force (বল)	54
,, pump (ফোর্স পাম্প)	165
Franklin's expt. (ফ্রাঙ্কলিনের পরীক্ষা)	897
Freezing mixture (তরলীকরণ)	829
,, point (তরলীকরণ বিন্দু)	822
,, of solution (দ্রবণের তরলীকরণ)	829
Fundamental Interval (প্রাথমিক অন্তর)	190

G

Gallon (গ্যালন)	14
Green house (গ্রীন হাউস)	891

H

Hail (শিল)	864
Hare's Apparatus (হারের যন্ত্র)	180
Heat (তাপ)	187
,, specific (অপেক্ষিক)	212
,, determination (অপেক্ষিক তাপ নির্ণয়)	228
Heat latent (লীন তাপ)	288
,, determination (লীন তাপ নির্ণয়)	285
Hope's expt. (হোপের পরীক্ষা)	298
Humidity (আর্দ্রতা)	858
,, relative (অপেক্ষিক)	858
Hydrometer Nicholson's (নিকলসন'র হাইড্রোমিটার)	122
Hydrometer common (সাধারণ)	125
Hydraulic press (হাইড্রোলিক প্রেস)	78
,, garage lift (হাইড্রোলিক গ্যারাজ লিফট)	78
Hydrostatic paradox (উদ্বৈগতিক কুঁড়)	68
Hygrometry (হাইগ্রোমেট্রি)	849

I

Ideal gas (আদর্শ গ্যাস)	802
,, equation (সমীকরণ)	805

(প্রতিবিম্ব) 485	
Real (সঙ্গ) 496	
„ Virtual (অসঙ্গ) 486	বাস্তব) 827
Impenetrability (অতিক্রমতা) 4	
Incidence angle (আপতন কোণ)	colour disc (বর্ণচক্র) 547
Inertia (জড়তা) 5	„ 542
Infra-red ray (অদৃশ্যকর রশ্মি) 881	luminous (প্রসঙ্গ) 402
Irigenhausz's expt. (ইরেনহাউজের পরীক্ষা) 876	
Isothermal curve (সম-উষ্ণতা লব্ধ) 156	Opaque (অস্বচ্ছ) 403
J	Optical centre (অপটিক্যাল সেন্টার) 304
Jolly's thermometer (জল্লির থার্মোমিটার)	„ medium (মাধ্যম) 408
812	P
K	Pendulum compensated (ভারসাম্যকৃত সুড়ঙ্গ) 268
Kalhedroscope (ক্যালিডোস্কোপ) 446	Penumbra (প্রসঙ্গ) 413
L	Periscope (পেরিস্কোপ) 422
Land breeze (স্থলবreeze) 847	Plimsol line (পলিমসোল লাইন) 95
Lateral inversion (পার্শ্বীয় প্রতিবিম্ব) 452	Porosity (পোরসিটি) 6
Least count (সর্বনিম্ন গণনা) 24	Pressure (চাপ) 41
Lens (লেন্স) 701	„ cooker (প্রসঙ্গ) 313
„ concave (অবতল) 501	„ atmospheric (বায়ুমণ্ডলীয়) 189
„ convex (উত্তল) 501	„ „ demonstration (প্রদর্শন)
„ double concave (দ্বিগুণ অবতল) 503	140
„ „ convex (দ্বিগুণ উত্তল) 502	„ liquid (তরল) 60
„ power of (ক্ষমতা) 521	„ lateral (পার্শ্ব) 66
Life belt (জীবনকল) 97	Primary colour (প্রাথমিক রঙ) 174
Life pump (জীবনকল) 165	Primus stove (প্রাইমাস স্টোভ) 174
Light year (আলোকবর্ষ) 422	Prism (প্রিজম) 187
Lathe (লেঠ) 4	„ principal section (প্রধান সেকশন) 487
Luminous (স্বচ্ছ) 402	„ refracting angle of (প্রতিসরাঙ্ক কোণ) 487
M	„ base of (ভিত্তি) 487
Matter (জড়) 1	„ total reflection (পূর্ণ প্রতিফলন) 492
Magdeburg hemisphere expt. (মাগডেবুর্গ- বাস্তব গোলক পরীক্ষা) 141	R
Mean calorie (গড় ক্যালোরি) 211	Radiation (বিকিরণ) 869
Medium (মাধ্যম)	Radiator, automobile (মোটর গাড়ীর বেড়িবেট) 813
„ homogeneous (সমসঙ্গ) 408	Rain (বৃষ্টি) 862
„ transparent (স্বচ্ছ) 408	„ gauge (পরিমাপক যন্ত্র) 863
„ opaque (অস্বচ্ছ) 408	„ bow (বাঁক) 545
„ translucent (ঝেঁপে স্বচ্ছ) 402	Reflection (প্রতিফলন) 428
Melting (গলন) 821	„ diffused (বিস্তৃত) 429
„ point (গলনাঙ্ক) 822	„ total internal (পূর্ণ অভ্যন্তরীণ)
„ „ determination (গলনাঙ্ক নির্ণয়) 824	178

পদার্থ বিজ্ঞান

Reflection (উল্লেখ)	211
Refractory (প্রতিবীক্ষণ)	D
Refractometer (উল্লেখ নিবাপত্তা)	
" " " "	
" " " "	15
" " " "	
" " " "	54
Regulation (উল্লেখ নিবাপত্তা)	828
Rognault's hygrometer (বৈজ্ঞানিক কাঠোপ-মিটার)	856
" " " "	thermometer (বৈজ্ঞানিক কাঠোপ-মিটার) 810
Rotating mirror (উল্লেখ দর্পণ)	400
S	
Saturation vapour (সংপূর্ণ বাষ্প)	849
Scalar (স্কেলার)	9
Screw-gauge (স্কেল-গেজ)	23
Sea-breeze (সী-ব্রিজ)	587
Secondary focus (দ্বিতীয় ফোকাস)	508
Shadow (ছায়া)	419
Shivering (শিউলান)	420
Siphon (সিফন)	167
Snell's law (স্নেলের সূত্র)	462
Snow (স্নো)	364
Solidification (সংকটন)	321
Specific gravity (সংকটন গুরুত্ব)	114
" " " "	127
" " " "	determination (নির্ণয়) 116
" " " "	heat (গুরুত্ব গুরুত্ব) 212
" " " "	determination (নির্ণয়) 228
Spectrum (স্পেকট্রাম)	551
Screw (স্ক্রু)	60
Spherical (গোলকীয়)	25
Spring balance (স্প্রিং স্কেল)	69
Stop watch (স্টপওয়াচ)	41
State steady (স্টেডী অবস্থা)	885
" " " "	variation (বৈজ্ঞানিক অবস্থা) 886
Sublimation (উল্লেখ অবস্থা)	682
Submarine (সাবমেরিন)	98
Suction pump (সিউকশন পাম্প)	163
Sun dial (সান ডায়াল)	41
Spring (স্প্রিং)	362
T	
Temperature (উল্লেখ)	189

Focal length (উল্লেখ)	211
" " " "	plastic (উল্লেখ) 892
Focus (ফোকাস)	190
" " " "	clinical (উল্লেখ) 201
" " " "	mercury (সিউকশন) 192
" " " "	scale (স্কেল) 196
" " " "	maximum and minimum (সিউকশন ও স্কেল) 202
" " " "	weight (গুরুত্ব) 258
Torricelli's expt. (টরিসেল্লি-এর পরীক্ষা)	142
U	
Umbra (উম্ব্রা)	441
Unit (ইউনিট)	9
" " " "	of measurement (উল্লেখ) 9
" " " "	dist. system (উল্লেখ) 10
" " " "	of length (উল্লেখ) 11
" " " "	fundamental (উল্লেখ) 10
" " " "	derived (উল্লেখ) 10
" " " "	of mass (উল্লেখ) 14
" " " "	time (সময়) 7
" " " "	heat (উল্লেখ) 210
Universal gas constant (উল্লেখ গ্যাস)	895
Unsaturated vapour (অসংপূর্ণ বাষ্প)	819
V	
Vapour (বাপ)	881
Vaporisation (বায়োজেনেশন)	881
Vector (ভেক্টর)	9
Vernier scale (ভার্নিয়ার স্কেল)	18
" " " "	Angular (উল্লেখ) 48
" " " "	calipers (উল্লেখ) 21
" " " "	constant (উল্লেখ) 19
W	
Water equivalent (জলসম)	218
" " " "	determination (নির্ণয়) 220
Weight (ওজন)	88, 58
Wet and dry bulb hygrometer (আর্দ্র ও শুষ্ক বুল্ব হাইগ্রোমিটার)	857
Wind (বায়ুপ্রবাহ)	887
Y	
Yard (গজ)	12

